

TECHNOLOGIE VÝROBY AMATÉRSKÉ ASTRONOMICKÉ OPTIKY A MECHANIKY

**Prof. Ing. Vilém GAJDUŠEK
a František KOZELSKÝ**

**Revidoval Cyril Polášek
(2. revize k 1. 8. 2006)**

Upgrade výpisu 2.revize z 25.7.06 na stav dne 1.8.06: viz strana 153 – pozn. rev.

**Hvězdárna Žalov
v ONDŘEJOVĚ
2006**



Snímek z návštěvy příborského hřbitůvku, spolu s manželi Kozelskými před pěti lety (viz str.12, 142dole), zůstal mi v mysli jako upomínka nádherného dne, jakož i memento přibývajících let a omezených lidských možností. Je s podivem kolik toho stihli svými plodnými životy vykonat pro jiné spoluautoři tohoto svazku. Připomenutí jich obou je oprávněné a tak zcela namístě.

Pozn.rev.

Jde o pdf-formát oficiálně nevydané a mnou podruhé, a teď zcela, revidované knihy prof. Ing. Viléma Gajduška a Františka Kozelského **Technologie výroby amatérské astronomické optiky a mechaniky**, míněný ve svém celku jako platný zdroj poučení i námětů prací zájemců oboru astrooptiky, a to formou volného nekomerčního využití internetovými servery v oblasti plodných individuálních zájmů. V ní oba autoři znamenali a vykonali, i z hledisek a měřítek dneška, neuvěřitelně moc. Pokorné oživení povědomosti jejich úspěchů si беру co svou povinnost, když tím plním i své slovo, dané panu Kozelskému po prvé chvatné revizi manuskriptu, že později věnuji stránkám lepší péči.

Ondřejov, hvězdárna Žalov dne 18. července 2006

RNDr. Cyril Polášek, PhD

Přede vším dalším. (Prolog.)

S neuchopitelnou mírou nostalgie, a s vyšší úrovní poznání jak svého okolí a kolektivů do nichž jsem jako jinoch toužil vroucně se uvést, tak i sebe samého, dotýkám se v decenniu stran díla hodnoty „hvězd přede mne kdys na Zem spadlých z nebe...“. Má následující a deset let stará „(Pra)Úvodní poznámka“ již notně zestárla a já, skoro třiašedesátiletý veterán, nalézám se v roli nelítostně rekapitulujícího i účtujícího svědka událostí. Od vzniku jejich řádek život proudil jako řeka svým korytem samovolně dál a jím napáchané nutí teď i mne, z mého úhlu pohledu rozplétat vrkoč široké delty toku života. Dvě strany prologu, s črtami souvislostí a úhmů mých osobních šrámů i postojů, přenechávám laskavě shovívavé volbě čtenáře.

Mé studium manuskriptu, tj. základu všech zde dalších kapitol, předešlo líčená údobí, rozvedená blíže tu okolnostmi. Měl dát vznik knize. Právě té, na niž jsem po údobí Kristových let čekal, když již vyjde formou odpovídající chýrům o panu profesorovi Ing. Vilémovi Gajduškovi, o tvůrci příslibivším ji „mi tam u nás“, v Moravské Ostravě. Nejvýznačnějšího praktika výroby „očí astronomických dalekohledů“ našeho území, při vzletu snad i naivního, ale za něj již jen nejracionálnějšího optika moravsko-slezského původu, mne vlastního. Ač chtěl, svůj rukopis již do života neuvedl, časově se mu s pracemi nesměstnal. Pan František Kozelský ze Staré Bělé, nejbližší a nejplatnější mu spolupracovník a návazný pěstoun spisku, sám rovněž s vydáním knihy neuspěl. A to přes své snahy, i zápal s pevnou vůlí, s nimiž zkondenzoval a o vhodné partie z částí mechanik i montáží astronomických dalekohledů rozšířil Gajduškovu nehotovou rukopis do formy manuskriptu. Již třiašedesátiletý tím zklamáný kmet, svolil překopírování exempláře „za můj příslibisky šošovice“, tj. pokusů jak o sehnání vydavatele, tak i o úpravu staršího slohu řádek, i nepříhodných chyb a zanedbání v obsahu v něm, vytklých v posudku recenzenta Státního nakladatelství technické literatury Praha z 8.12.1978. Letitá osobitost onoho posuzovatele a vědce nevnímala v nich les, ale již jen stromy. Kritika ‘ne-košer’ stavu manuskriptu letitého novice pera, sežehla stvol knižní edice svou mrazivostí. Upřesním:

Při přečítání manuskriptu mne fascinovalo vědomí, že se po letech dostávám konečně k velmi kvalitnímu zdroji informací, jež jsou mi nejen výrazně prospěšné pro stavbu kvalitního astronomického dalekohledu o dovolené, ale navíc i tím, že mi do rukou přicházejí v pravý čas. Na mém pracovišti vznikaly, za tehdejší ekonomické situace státu, podmínky k svépomocné realizaci teleskopu pro přínosná sledování nočního nebe k vědeckým účelům. Ve skupině Astrofyziky vysokých energií, za pozorování optických protějšků ne zcela chápaných gama záblesků (GRB), jsme tu potřebu silně pocítovali. V r.1999 jsme proto požádali nás zastřešující Akademii věd, v právě se rozebíhajícím programu tzv. Fialových projektů na rozvoj technického zázemí vědy, o příspěvek k samovýrobě 50centimetrového robotického CCD dalekohledu, výhradně k řešení výše uvedeného úkolu. Poskytnut nám byl. Práce se ihned rozeběhly na plné obrátky. Díky zralosti manuskriptu jsem byl schopen „v ruce“ do dvou let vyrobit kvalitní vysoce světelné ($A = 1:3,95$) parabolické zrcadlo o průměru 50cm. Atest Vývojové optické dílny AV ČR v Turnově ze 7.11.2002 jeho kvalitu plně stvrdil [27]. Firma Astrolab Brno souběžně zrenovovala vidlicovou paralaktickou montáž v domku pozorovací plošiny Ondřejova. Optická sledování projevů GRB si tehdy žádala obří zorné pole tak světelného zrcadla, u nějž by velký CCD čip svým krajem snímal zlé vrozené vady zobrazování. U firmy Sincon s.r.o. Turnov jsme si proto objednali v r.2001 korektor pole na míru, podle ní Astrolab navrhl a dodal tubus. Dílče hrazeného, námi marně urgovaného korektoru od fy Sincon jsme se nedočkali. Jejím profesionálům čtyři roky k dohotovení nestačí. Stal se „achillovkou“ jinak úspěšného projektu.

Po odbočení vracím se ke své snaze o vydání manuskriptu, k souslednosti rozčarování. Výtky jsem urychleně revidoval slohově, i věcně. V našich tržních podmínkách se jeho vydání knižní formou cílem minulo, když sponzora knihy jsem nesehnal. K vydání knihy nutný kapitál zabstraktněl, což osloveným vydavatelům komerční motivaci k tisku okrajové tematiky nenavodilo. Lhostejnost k sponzorství, vnitřně mnou nečekaná, mi dosud nesouzní, žel, se strohou logikou faktů: vždyť Ing. Gajdušek, výjimečný producent astrooptiky větších rozměrů v naší republice, vykouzlil smluvně mnoha jejím hvězdárnám ve 3. čtvrtině minulého století četné kvalitní i unikátní práce. Část Gajduškova díla ústavům slouží dodnes, část potkal zmar. Tak prvá z jeho 60tek, rozeběhla úsilím Dr. Luboše Perka a jím nadšených kolegů v Brně, slouží Masarykově univerzitě víc než půlstoletí, vždyť s ní profesor Vetešík vykonal více jak milion fotoelektrických měření svých pozorování. Další 65tka MFF UK, v areálu Astronomického ústavu Akademie věd České republiky v Ondřejově, přispěla zdejšímu odhadu distribuce vícesložkovosti asteroidů, vedením ústavu i odborníky branému hrdě, k zázemí, tj. vkladu externisty do užitého přístroje, přec jen odtazité. Ukazuje na to má dávná prosba o náklad pár desítek skromných brožurek Gajduškovy knihy, dedikovaných upomínce na něj. U Vědecké rady ústavu souhlas nenašla, neboť slovy jejího předsedy, finančně stěží pokrýváme edice profesionálních prací a vydání publikace v názvu s koketou „amatérské“, by malé prostředky vědy dále sráželo. Nezákerně však vzato: co a jak určuje kvalitu i význam díla s dopadem obecným, tj. i astrooptickým? Viněta zaměstnavatele nezpochybnitelného odborníka, či hodnota, využitelnost a příspěvek raritní práce jím dodané? Zasažen praxí úspory na nepravém místě, neobrátil jsem se na odmítnutím navrhovanou Petřínskou hvězdárnu, ani na Českou astronomickou společnost. Nemilý časový skluz jsem improvizovaně dotáhl sám, vlastní emisí dvou desítek skromných a neprodejných svazečků, exemplářů knihy, již počátkem r.1997. Darem jich půle šla panu Kozelskému, druhá astrooptickým kolegům, profesionálům i amatérům. Jen ono nouzové řešení se mi stalo jak čestným člením hrozbě vysokého věku pana Kozelského, chronicky zamítaného zadavatele díla do tisku, tak úhybem knihy, mně cenné a vzácné, jinak fatálnímu osudu. Informační hloubku má nevšední. S ohledem na nesporná fakta toho, obdaroval jsem jedním exemplářem knihovnu Katedry jemné mechaniky a optiky Fakulty strojní ČVUT Praha, dalším pak regály Astronomického ústavu Univerzity Karlovy.

Ten dar snad pojal každý posvém. Byli i tací, kteří byli obsahem svazečku uneseni, ale jen málu jedinců se dostal volně do rukou a proto další zájemce moc neoslovil, když ti se, přes svobodu svého počínání, do obsahu začíst nestihli. K tomu naznačím odosobnělý reálný osud. „Žilo u nás, bylo, jedno větší astronomické zrcadlo před figurací, kdys fándou pozorovatelské astronomie jemně vybroušené. Po letech přišla na přetřes otázka „co a kam s ním?“. Jedni poukazovali na to, že

parabolickou figuru u nás mu nikdo nejspíš dát nesvede, pár jiných se o to přec pokusil. Pustili se ruče do práce, ale ono je počalo, podle známého textu Marka Ebena „já na tom dělám, já na tom makám, už na tom dělám třetí den a ono ne a ne a ne a ne! ...“, to leštění s figurací zlobit. Usoudili, že vrtění plochy kolem cíle má na svědomí latentní pnutí, ve skle zrcadla skryté. O svazečku výše zmíněném beztak nevěděli, jinak by se na ně, ve vlastním zájmu, snažili uplatnit Gajduškův hlavní apel figurace optických ploch, jímž je dlouhodobé vyrovnávání teploty dilatujících skel hmotných disků, i po sebekratším naleštění a ve vhodné dílně, teplotně zcela setrvačně (viz zde str.57-60 *Foucaultova zkouška velkých zrcadel* a str.55-7 *Leštění zrcadel velkých průměrů, ve svazečku str.73-7, 72-3*). Oni však, ve vleku svých rozčarování z technologické nezralosti, počli tonout a proto se i chytat stébel „metodiky pokusů a omylů“. Poučení však zmíněnými stránkami svazečku, prohlédli by *fatou morganou své don-Quijotovské bojechtivosti s domnělým latentním pnutím disku skla* a ihned by našli konec nejen svému martýriu. Ráhnem s pevnou půdou pod nohama, a ne stébélkem tůně, tak nutně zbývalo jim jen potřebné zmapování vlastního svého umu i znalostí na technologicky faktické *‘hic sunt leones’*, lidsky přiznatelné profesionálům jiných optických zaměření, jimiž i byli. Pročtením 30tiletých kapitol s věcným umem astrooptického profesionála a zprvu amatérského praktika v oboru asférických optických ploch, pana prof. Ing. Viléma Gajduška, by tak „nahmátli pevnou půdu pod nohama“ ihned! Neznali však jeho adekvátních řádků, prošli pak jak následnou fatální destrukcí téměř hotového díla, tak si udrželi nesprávný kurs i dál. Např. iniciativně upozornili, a v cvičném nadplánu k úkolu, na „nutnost víkendového přeleštění“ jiného přesného a solidně velkého parabolického zrcadla, pro zašlost jeho malé plošky dřívějšími nápary hliníku. O přístroj tehdy dílče pečovala osoba, s ve své mysli zafixovaným obsahem svazečku. Pro ni přeleštění znamenalo vážné ohrožení existence dalekohledu, dodnes platného a přínosného v oboru. Na dotaz svých vedoucích byla ostře proti „opravě onoho zrcadla víkendovým přeleštěním“ (*de facto* znehodnocení kvality zrcadla kvapnými úkony, v praktické nezkušenosti, i v dílně k tomu nepříhodné). Nedošlo k ní.“ Být to bajka Ezopova, uzavřel by ji on ponaučením „Nepodceňovat nečtení!“, mířeným všem propříště. Vždyť i spoluautoři radí v textu přebírání zkušeností odjinud (viz str.128, Úvod II). Zůstává vážné varování: být profesionálem nestačí, neboť figuraci velkého parabolického zrcadla je nutné předcházet důvěryhodnými zdroji technologických zkušeností a jimi se bránit chybám. Byť poznanými Ing. Gajduškem, vnímavým autorem kvalitních srovnatelných parabolických zrcadel a popsány jím ve zmíněném exempláři autentických řádků, jimiž zveřejnil svou výrobu, i s jejími ruby.

Pan Kozelský zesnul 16. 4. 2004 ve věku 91 let, v den 109. výročí narození pana Viléma Gajduška. V decenniu mých nových kontaktů s ním, stálých mými cestami za vnučaty rodiny dcery, žijící v Ostravě Dubině, v prvních šesti letech navíc i v blízkosti domku manželů Kozelských ve Staré Bělé. V hluboké úctě k vzácné osobnosti, odešlé do nenávratna „ted’ již navěky doplnit ten tak báječný tandem Gajdušek-Kozelský“, беру si za morální povinnost: vrátit se po čase k obsahu knihy zpět a dodat jeho formě odpovídající péči, nemyslitelnou za hektické výroby neprodejných svazečků před desíti lety. Tedy upravit stránky jak graficky, tak i vytříbit jejich text, místy mým chvatem přec jen kdysi zpatlaný. Finálně bude na spolehlivém serveru Internetu dílo v pdf-formátu a tak zpřístupní obsah knihy kdykoli a kterémukoli zájemci. Tím též s úlevou definitivně opouštím ono své tradiční „pachtění se za luxusním vydáním knihy“. Pro zjevnou absurdnost protikladů údobí, i okolnostmi zdaleka pádnějšího záměru, přec jen se „mi daří oné letité svěřací kazajce mé mysli uniknout“. Nejvyšší prioritu má, nesporně, bezplatné zpřístupnění obsahu oborovým fandům. Nezadají-li si, ovšem, výstup tiskárnou svého počítače, s cenou toneru i papíru mizivou. Proto jsem celý text pozorně obsahově posoudil a odstranil povícero zjevných i zakuklených chyb v něm, i v několika obrázcích, originálech kreslených panem Kozelským. Záhlaví každé strany v konci řádku obsahuje i evidenci aktuální kapitoly i článku {u} stran {y | }, uvedenou znakem § x{-y}, stejně rejstřík obsahuje i značení rozsahu stran formou x{/y}. Pokud v rozsahu téže desítky stran, tu znak - či / následuje číslice řádu jednotek. Přidal jsem i fotografie, ted’ již všechny v digitální formě. Za „šťourání do historie“ jsem si upřesnil i pár dřívějších zkratů, za něž se zpětně omlouvám.

Jistě lze namítat, že nejvhodnější přístup k informacím dá kniha, vlastnoručně vyňatá z vlastní poličky po ruce. Narušení virtuální dostupnosti, vzdušnými zámky pohodlnosti knihtisku, však naplno otevře stavidla povodně autorských a dědičkových daní a s ní láhev opustí džin. Ne ochotný službě zájmům spoluautorů, ani jejich přímých dědiců, dbalých morálně volných rysů tvůrců knihy. Naopak, uniklý džin poslouží podnikavecké sortě lidí neznámých a povede za ně zákopovou válku, ziskovou a prostou zájmu o obor, i o vlastní obsah a o poslání knihy. Což v konečném výsledku ohrozí jen fandý jejího obsahu, i jejich přístup k obsahu knihy samé, a to v přímém rozporu s cíli jejich spoluautorů. Ti mi, za dávných hovorů s nimi, ne ještě jako se spoluautory, s upřímností vyznali obětavé připsání knihy, jednou jimi dopsané, zájemcům o astrooptiku. „Lidičkám, shodně s nimi dýšícím vonný olej Hefajstův zpod šapitů vizírů dále spoluautorské Astronomie.“ Ale vážně! Vyznívá to čtenáři vykonstruované? Uklidním jej. Zjistil jsem, že pan Kozelský úspěchu vydání této knihy věnoval, i když marně, vše, tedy první i poslední. Neboť v roli vydavatele figurovalo nejen SNTL Praha, ale po sobě pak i Hurbanovo, Modra, Prešov, i další zájmové skupiny tehdejší ČSSR i ČSFR. Ty si opatřily u dědicích příbuzných bezdětného pana prof. Ing. Viléma Gajduška, i u pana Kozelského, písemná oprávnění ke knižním vydáním manuskriptu, dodaného jim v předstihu panem Kozelským. Knihu samu ale nikdo nikdy nevydal. Na ně jsem, v době svých nabídek panu Kozelskému, zanevřel, to ve mně zaselo mou fixní averzi vůči předstírávcům, čpícím mi cílenou licoměrností, s možností neblahých dopadů. Jako revident celého textu i obrázků manuskriptu, ve smyslu příslibů mnou daných dříve panu Kozelskému, neuznávám třetí strany, profitující na cizím umu, vepsaném do vínku lidské touze poučit se, poznávat. Přěji si, aby následné stránky potkal lepší, tj. „pdf- osud“! Otevřenou branou proto vstupujete zcela volně a bez překážek do nově revidovaného textu i obsahu manuskriptu, abyste mohli poznat odbornou úroveň i pevnost charakterů a povah spoluautorů! To je vlastním epilogem celé té věci.

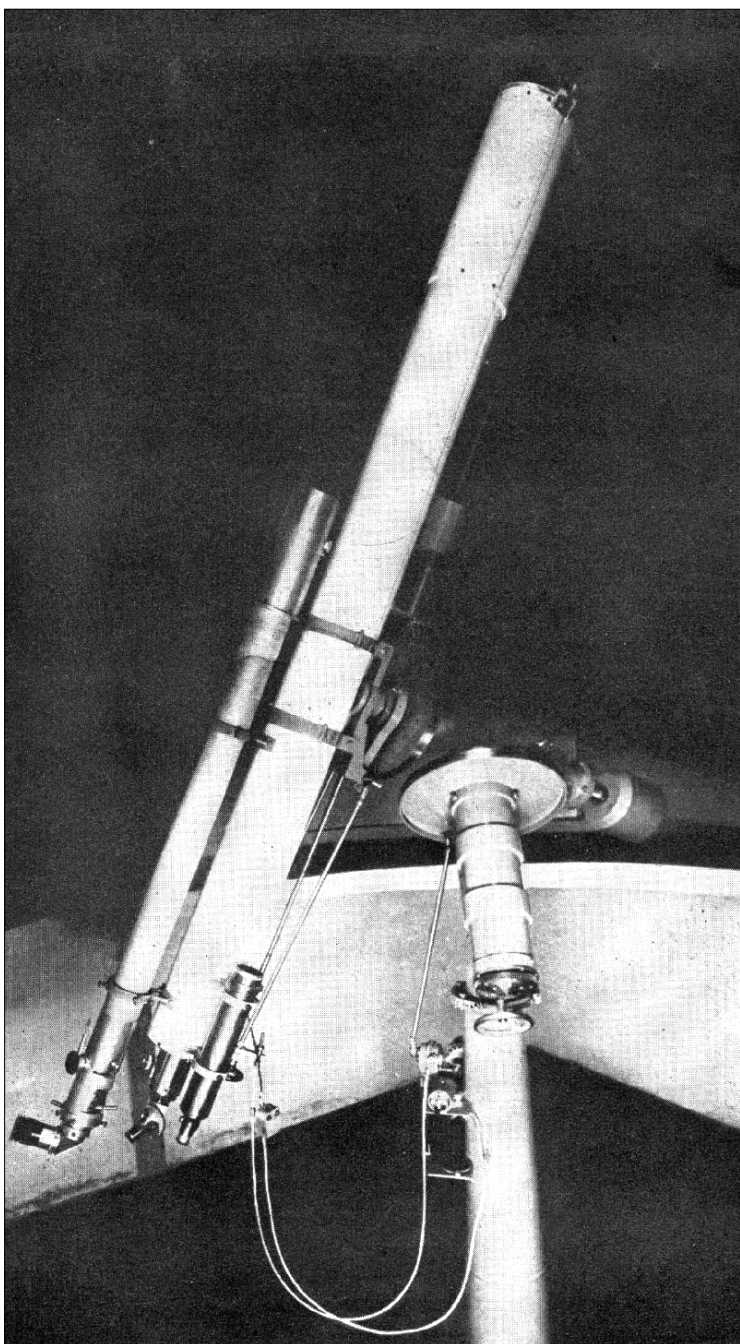
Předkládám uznanému čtenáři plody snahy splatit dluh oběma spoluautorům dodnes aktuálních stran, byť opožděně.

(Pra) Úvodní poznámka.

Je tomu bezmála již čtyřicet let, kdy popularizátor i organizátor amatérské astronomie Ostravska a tajemník mně nejbližší lidové hvězdárny, pan redaktor Bedřich Čurda-Lipovský, mi umožnil mou prvou návštěvu na ní. Zaujímala místo snad nejnevhodnější. Konkrétně ve středu Ostravy, až v nejvyšším patře vysokého čadícího činžáku, rozšířeném pro pozorování o plošinu střechy. Naproti křídlu Státní vědecké knihovny ve vnějším bloku areálu Nové radnice, kralovala nejrušnější křižovatce jak Revoluční třídy, tak snad i celé Ostravy.

I tak zdála se mi snovým rájem. Pohledy z výše střechy, ať již módními přenosnými refraktory Binar a Monar firmy Somet, či jinými, hlavně pak v miniaturní kopulce čtyřpůlmetrového průměru hranatým Newtonovým dalekohledem - reflektorem s parabolickým zrcadlem o průměru 20 cm na nepohodlné azimutální montáži, jsou citovými hájemstvími studentika na celý život. Oč větší bylo mé rozechvění půlrok nato z opojného zobrazení světa planety Jupiter. Až neuvěřitelně

nehybného v zorném poli, známce přesné práce paralaktické montáže elegantního refraktoru, tj. čočkového dalekohledu s objektivem „díry 16 cm“, svépomocně vystaveného pod ní! Svedeli laskavý čtenář pouhou představou „pootevřít si do nitra duše skulinku šémem půlstoletých osudových vjemů bližního svého“?



Šestnácticentimetrový refraktor, dílo pánů Gajduška i Kozelského v 4,5m kopuli zaniklé ostravské LH. Opustil místo z r.1958, město, stát.

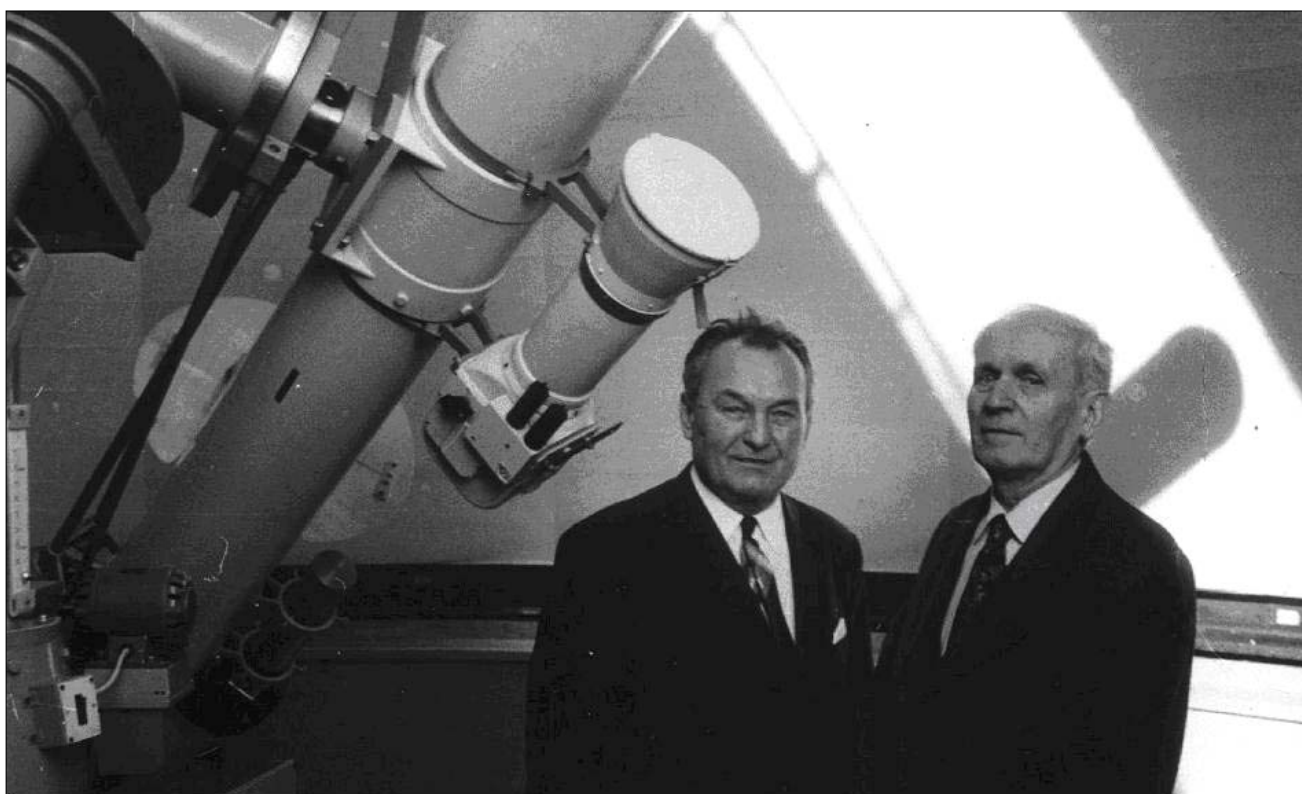
Většina tamních přístrojů spatřila světlo světa, zplozena šťastnou okolností, řadící Ostravu oné doby nesporně v čelo měst – bašt amatérské astronomické optiky (v dalším jen astrooptiky) Československa. A v ní předsedou pobočky Přírodovědecké, pak Československé astronomické společnosti, býval velmi prozíravě volen pan profesor Ing. Vilém Gajdušek. Dnes právem vzpomínán nejvděčněji, jen tak se mohl stát nejjasnější stálící klenby vši naší celonárodní historie astrooptiky, tedy jakési „dvorany slávy“ jejich amatérů i profesionálů. Šíře nadhledu, lidskosti, pevné vůle i pokory, daly cejch zralé optické hodnoty prvotřídním unikátům, zrozeným v sedí průmyslové Ostravy. Zůstal jednou provždy pro mne nezapomenutelným panem Profesorem! A já dovoluji si jej zde takto i titulovat. Až později jsem byl zpraven o prazvláštní náhodě, díky níž pan Profesor našel sobě nejvhodnějšího a jej odborně doplňujícího partnera v panu Františkovi Kozelském z Kunčic nad Ostravicí, mladším o celých osmnáct let. Před téměř šedesáti lety. Díky okolnostem vyrostl z něj, a panu Profesorovi po boku šťastně, skvělý pomocník, vyhledávanější v oborech doplňkových: jemný mechanik, slévač, i zapálený konstruktér. V závěru své životní dráhy po dvacet let zůstává věrný osamoceně tvorbě nejen mnoha celých dalekohledů, ale též i různých jejich částí. Měl osobní předpoklady a též rodinné zázemí k tomu v čase, kdy životní cesta, vedoucí jej k docílení nesporně nejširšího věhlasu, přestávala mu již být pouhou „procházkou růžovým sadem“. Pomáhala mu významně i strojařská patina letité praxe v dílnách

Vítkovických železáren, též i amatérská astronomie v kruhu ostravské pobočky společnosti, krystalizujícím zájem o zázemí všech hvězdářských přístrojů v koloritu zaslé doby. Expertovi olbřímiho rozsahu i úrovně životního díla bývá zvykem vzdávat hold. Přeci jen „jde o Pana Mistra“! On však jej zatvrzele odmítá, vždyť již čestným členem Československé astronomické společnosti, tvrdí, „do foroty“ od r. 1983, je.

Ingredience zmíněného celku napomohly zušlechtit racionální tandem dvou vzájemně vzácně se doplňujících odborníků. Ten vyprodukoval v amatérských podmínkách Ostravy běžně hvězdářskou techniku více než prvotřídní úrovně, schopnou snášet se ctí plná srovnávání s tehdejší profesionální produkcí renomovaných světových firem. V Ostravě působili ale i jiní schopní amatérští optici: jak teoretici (slyšel jsem o panu Ing. Dr. Jaroslavu Klírovi - viz partie o achromatických objektivěch této knihy - spolupracujícím s panem Profesorem úzce i na jiných problémech), tak i četní praktičtí tvůrci, jako např. pan Oldřich Rynda. Vím o nich jen z doslechu, málo. Neměl jsem tu čest je poznat osobně a význam jim snižovat nechci. Vždyť blízkost různorodé komunity napomáhala též oběma pánům, Profesoru Gajduškovi i Mistru Kozelskému, růst dále. Akcí zákonitě prolíná se reakce. I vazby kolektivu jsou ty ze života, v něm vzniklé.

Nicméně, podíl obou protagonistů výroby astronomických dalekohledů býval natolik dominantní, že bez něj by prvotřídní šestnácti centimetrový refraktor ve skromné kopulce Ostravy zmiňovaného času nestál. Jasně šlo o stroj kvalitní. Žádný z českých amatérů do časů pana Profesora nedokázal vyprodukovat achromatické objektivy větších průměrů, i zcela zaručených kvalit, a tak početně. Což platí i na mechaniky z provenience Mistra Kozelského. Dnešní tržní hlediska diktují katalogům firmy Carl Zeiss ceny srovnatelných přístrojů vyšší tři čtvrtin miliónu korun českých. A ostravská hvězdárnička? Dávno již „zhasla“, nahradila ji Hvězdárna s planetáriem Báňské měřické základny poblíž Ostravy-Poruby. A refraktor obou Ostravanů? Republice dosloužil i on! Eudová hvězdárna Rimavská Sobota jej získala, v bývalém Československu, od Oblastní lidové hvězdárny v Ostravě směnou za dalekohled firmy Carl Zeiss Jena nižší třídy (viz str. 146). Bez zájmu o názor žijícího spoluvůrce. Rozval Československé federace jej logicky naturalizoval v Slovenské republice, ke škodě amatérské astronomie Ostravska. Činí se čile, v řadě velkých refraktorů obou Mistrů sloužící jinému státu.

V mezičase studií mne potkalo mimořádné štěstí v účasti na krátkém kurzu broušení astronomických zrcadel v optické dílně pana Profesora za zimy r. 1960-1. I zde šlo o hluboké prožitky. Při té příležitosti vybavuji si jasně jeho zmínky o svém sepsování knihy z oblasti astrooptických technologií. Občas si i zažaloval tím, jak 'člověku, jako jsem já, je safraportsky těžké rozvádět věci i činnosti mi tak do morku kostí vrostlé. Svedu-li ji dopsat?'.



Pánové profesor Ing. Vilém Gajdušek a František Kozelský před dalším z jejich mnoha společných děl (refraktor 180/2600) na LH Hlohovec 8. dubna 1974, u příležitosti oslav "Dvaceti let československé astronomie" tamtéž.

Na mou otázku, má-li snad jít o brožuru typu 'Praktická astronomická optika' bratří Erhartů, jim v SNTL Praha v r. 1954 vydaného, jenž se na pultech nestačil ani ohřát, jak rychle šel na dračku, ujistil mě naději, že má snahu o knihu neskrytě otevřenou. Z toho jsem si odvodil, že půjde o „šperk“. Pro mé přijetí k studiu se poté náš vzájemný kontakt již přetrhl, jen jedinkrát jsem pana Profesora zahlédl z ostravského trolejbusu za přejíždění Ostravou k nádraží na Frýdek. Pohled to byl nečekaný, milý. Třeba již jen proto, že některé ze životních zkušeností, v počátcích mně ochotně panem Profesorem odtajněné, dávaly mi poté ve všech dobách lepší vhled do živelných životních situací příšlých, rovněž mi nemilých a mnou nechtěných. On sám býval mi oním vzorem

mimořádně pevné vůle i vytrvalosti. Souhrn toho mi poskytoval naději v korekce „mé hendikepovanosti pro život“, samým jeho průběhem. V oblasti vrcholové optiky ta metodika je navyklá, v ní též i vzniklá. A platná univerzálně. Tehdy jsem pana Profesora viděl naposledy. Sám život se mi zkorigoval osudovým přemístěním na ondřejovskou hvězdárnu. Život ale zmlkl v emisi chtěné knihy. Mnou hltané obsahy Knížních novinek ji mijely.



Ing. Vilém Gajdušek - oblíbený profesor chemie Reálného gymnázia v Moravské Ostravě - na fotografii sboru učitelů určené k maturitním tablům.

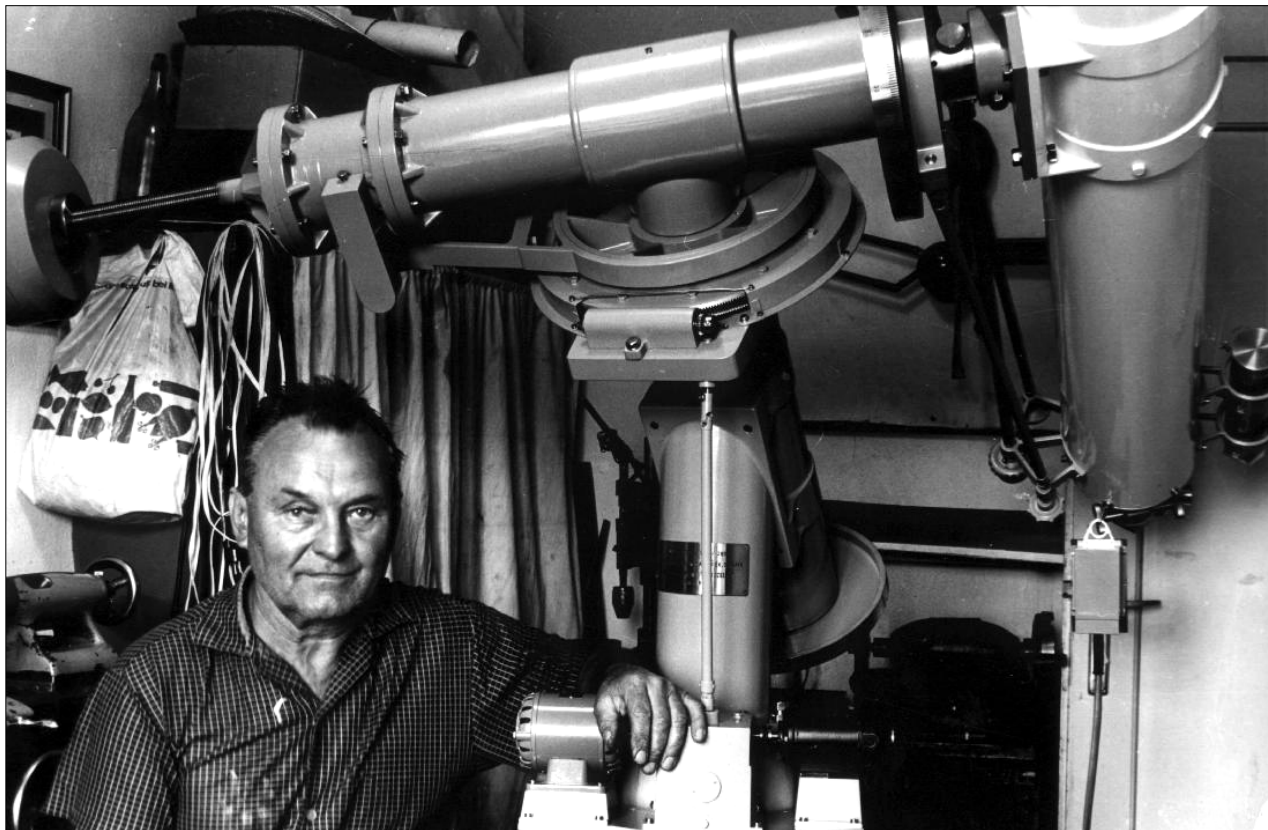
S panem Kozelským se mi sejít v Ostravě zdařilo jen díky štěstí a náhodě téměř tragické, asi po pětatřiceti letech, až necelých dvacet let od úmrtí pana Profesora. Sám mi ujasnil marňost všeho mého vyčkávaní na panem Profesorem nám ohlášený receptář vlastnoruční produkce astrooptiky ve svazku, jenž vlastně nikdy vydán býti ani nemohl. Svět, jak jinak, panu Profesorovi dopsat samotný a původní celek rukopisu nedopřál. Za života jej autor, pro na něj se valící lavinu chronicky nejurgentnějších astrooptických zakázek, sám stihl osobně toliko šlechtit. Svou úrodu z něj však nikdy nesklízel...

Až Mistr Kozelský mi popsal nelehkost své sebeodevzdání knize, s níž oddaně a osobně on sám dával syrový text páně Profesora rukopisu, vzdálenějšími pozůstalými mu zapůjčený, do formy v apelu svého a k tomu jej vyprovokavšího svědomí. U pár částí textu se mu to dařilo jen těžce, přestože jako věrný a nejblíže spolupracovník znal autorovy odborné aktivity a měl v nich taktéž i dokonalý přehled. Rukopisu věnoval všecek svůj volný čas, dokonce i společné léčby s chotí v piešťanských lázních. Manuskript přitom iniciativně rozšířil i o metodiku mechanik dalekohledů, výrobní i konstrukční, pojící tak úzce teorii s technologií astrooptiky. Stal se tak spoluautorem, ostýchavým však uvést to do titulní strany, v příznačně absurdnosti cíle Tantalovy pily. Plody oné lopoty své nabízel nakladatelství k vydávání jen s jménem celou svou duší cteného pana Profesora. Ale bezúspěšně! I přes zřikání se autorských honorářů, znamenala víze knižního vydání pokaždé jen

„samou vodu“. Až časem přišel o svou víru v ně zcela. Se sobě příznačnou iniciativou počal manuskript proto poskytovat náhodným zájemcům k pořizování si svých fotokopií (odborný samizdat?). Vždyť vyvrcholení samotné uvízlo v bludných smyčkách, pro notoricky ubíjivý výskyt systematicky nepřejícné kritiky obsahu manuskriptu s výhradami jako: „jazykově i tématicky zastaralý...“, „překonaný...“, „úzce zaměřený...“, „bez rozvádění s chybnými vzorci...“, „nezmiňuje tenké vrstvy a interferenční filtry...“, ba dokonce, i „...předělat, aby byl potřebnou optickou encyklopedií...“. Během ostravského prolisťování dokumentací, shromážděnou precizně letitou systematickostí spoluautora, jak jinak, pocítil jsem spontánní hořkost z kuriózního osudu věci, jež měla svým nábojem vyprovokovat širší průlom praxí. S bolestí vnímám, že v časech dotovaných knižních edicí nepředvídatost českého vědce, tj. optika – experta v roli recenzenta, „vylila panu Kozelskému z vaničky s vodou i dítě“, byť neúmyslně, jakoby mimochodem. Prostě, kniha nevyšla tehdy a paradoxem je, že ji jiný osud nejspíš nečeká ani za této éry. Za srovnávání její úrovně s tou, již skýtá bestseller r.1995 „Astrosex“ vědmy Meg Markové (vydal Mustang Plzeň), tč. obloženými pulty prodejen Levných knih,s.r.o, podbízený ležák, srdce fandů úpí. Všemocná ruka trhu se živelností poptávky vyřádila na astrooptice medvědí službou již v předstihu...

Ostatně, proč manuskript onu nepřízeň osudu přitahuje? Zvažme: pan Profesor vakuovou komoru na povrstvování k dispozici nikdy neměl. Svým žákům radíval, aby zasilali zrcadla pokovit na přerovskou opravnu, kde s amatéry mají soucit! Ani specializovaná optická továrna, již zaštitěn by se filtrům věnoval, nestála mu poblíž a nejspíš by jej ani příliš nezaujaly. Pan Profesor býval právem nedostižný jinak, a na tom se shodují odborníci i po letech.

V oblasti ceněné nejvíce, v přesném figurování optických ploch. V dokumentech dokládajících „posudkový kolotoč“, dle mne zčásti neproporcionálních, se toliko pan Dr. Boris Valníček z Ondřejovské hvězdárny, jako jediný ze znalců působících v tomto oboru, svým posudkem kategoricky zasazoval o zohlednění vydání knihy, byť ve stavu „tak jak leží a běží“. Předně pro cenný faktický obsah coby dobového dokumentu, pak i proto, aby dílo spolupůsobilo svým inspirativním nábojem na mnohé z nás, ale hlavně proto, že jako jediný pochopil cenu obsažných řádek, autorský pud pana Profesora, i záchranný smysl v úsilí Mistra Kozelského. Patříčně přímočaře, aby pomohl ve snaze zaznamenat trvale nejčennější zkušenosti, tj. umu tvořivého astrooptika, i fortelu astromechanika, letitou a rozvážnou praxí našlé. Dr. Valníček ctil u obou objektivní životní daň, pel subjektivní vášně, i břímě poznání samého. Však osamocen.



Panu Kozelskému slouží za mechanickou dílnu nevelký prostor bývalé kuchyňky v prvním patře jeho rodinného domku, svou slévárničku provozuje vedle kotelny o dvě patra níže. Učiněný novodobý Hefaistos...

A názor Dr. Valníčka svou aktuálností dodnes neztratil. I když od doby vzniku manuskriptu zažila oblast astrooptických technologií tep převratností (teplotně stálé keramizované materiály, sensory CCD, adaptivní i aktivní astrooptika, Hubbleův vesmírný dalekohled...), dychtím, aby se stal knižním dokumentem doby. Zvažme:

V Úvodu II pana Kozelského k této „Technologii výroby amatérské astronomické optiky a mechaniky“ se o již nebohém panu Profesorovi dočteme, že vybrousil ve svém pokročilém věku broušícím strojem, vzniklým v jejich plodné spolupráci, a za manuální pomoci nadšenců, jako byl pan Bedřich Čurda-Lipovský, povícero parabolických zrcadel s průměry kolem šedesáti centimetrů. Jsou výborné kvality dodnes. Snad největší odměnou by mu za to jistě teď bylo vědomí, že s pomocí v jeho životě neznámé technologie CCD čipů a personálních počítačů, se zdařilo na jím 'ozračelé sedmapadesátce' kletské observatoře, i na 'pětašedesátce' na hvězdárně v Ondřejově, objevit větší počet planetek, udat mnoho jejich pozic, a tak spolu s přesnou fotometrií přispět k pokroku vědy. Jsem si jist, že samotný tento fakt by byl pro něj tou hodnotou nejvyšší. Té by svou filosofií zaručeně dával jednoznačnou přednost, aniž by snad jen pomyslel, že některý z jimi objevených asteroidů by někdy v budoucnu mohl nést jméno buď jeho, anebo spolutvůrců optických srdcí obou profesionálních objevitelských teleskopů. V době jejich tvorby nemohl ani tušit budoucnost, v níž podobně malé dalekohledy, na něž se jaksi tradičně pohlíželo vesměs s despektem, budou schopny třiminutovou expozicí dosáhnout dvacáté hvězdné třídy... Naopak soudím, že by se hodně trápil nad zmařenou možností překonat je, dnes již zastaralými, fotografickými emulzemi dřívějšího parametrem neúměrně horších, jím vybroušenou velmi světlou Schmidtovou astrokomorou blízkého průměru (400/630/800, 1:2), již o celých 40 let dříve, na bázi optiky jím vykouzlené a dodané pro ondřejovského objednavatele¹. Výrobní technologie „Schmidtek“ v rukopisu k manuskriptu též

¹ Guth Vl., Link F., Mohr J.M., Šternberk B.: *Astronomie I*, NČSAV Praha, 1954, strana 78 - kde se o ondřejovské observatoři píše: „Ve výrobě je nyní Schmidův reflektor o průměru zrcadla 63 cm a světelnosti $F : 2$ (Gajdušek), který bude sloužit k fotografickým pracím, spolu se starším Fričovým astrografem ($\varnothing 20$ a 15 cm)“. Pozn.rev.

ostatně nesobecky rozvedl, stejně jako to činí i pro achromatické dublety. Ondřejovské observatoři astrokomora stavbou tehdy nebyla dopřána, psaný záměr činnosti ústavu nikým do konce dotažen nebyl, a paradoxně byl i původní Fričův velký astrograf spolu s ní „na kopytech roznesen“. Těžké části jeho montáže šly do šrotu, tubus byl demolován a po vytržení obou objektivů, zapůjčených poté úpické hvězdárně, byl odhozen. Z díla hodného statutu národní technické památky existuje v ústavu jen Nušlův třetí regulátor hodinového stroje¹. Žalostná bilance. Panem Profesorem dodaná nová optika, po nezdarech s váhově předimenzovaným odlítkem tubusu, se po odchodu doc. F. Linka z postu ředitele (trval na zprovoznění přístroje), zakuklila nadlouho do regálů ústavního skladu. Oproti své sestře s F:2,5, dodané do Olomouce (viz str. 116) a přenesené později do Hradce Králové (pro blízkou dálnici Olomouc - Brno²), fungující ostatně podnes, ta ondřejovská spočinula v „pokoji věčném“ až do chvíle, než ji, jako nadnormativní zásobu, našel astronom - geodet. Pro něj, přes samodružnou nedělitelnost celku optického systému originální astrokomory, znamenal velký disk skla primárního světelného zrcadla jen „zlatokopecký nugget“. „Suro(vino)vě jej vytěžil“ přebroušením v prospěch laserového dálkoměru sputníků sedmdesátých let. Unikátní čtyřicetimetrovou asférickou korekční desku měl však za „hlušinu“, za tou se proto „halda času zakryla ihned poté“, když její osud zcela vymizel z paměti ústavu i personálu, jakož i fakt existence oné astrokomory samé. Smůly jakoby nebylo dost, hlavního protagonistu potkal vážný úraz ve skalách a ústav opustil, jakož i samotný úkol laserového dálkoměru před osmi lety, i s místem specialisty. Citelným výsledkem je úplný zmar Gajduškovy unikátní optiky k Schmidtově komoře, i morální dluh Astronomického ústavu AV ČR k výjimečné erudici pana Profesora, vymezený tak provždy.

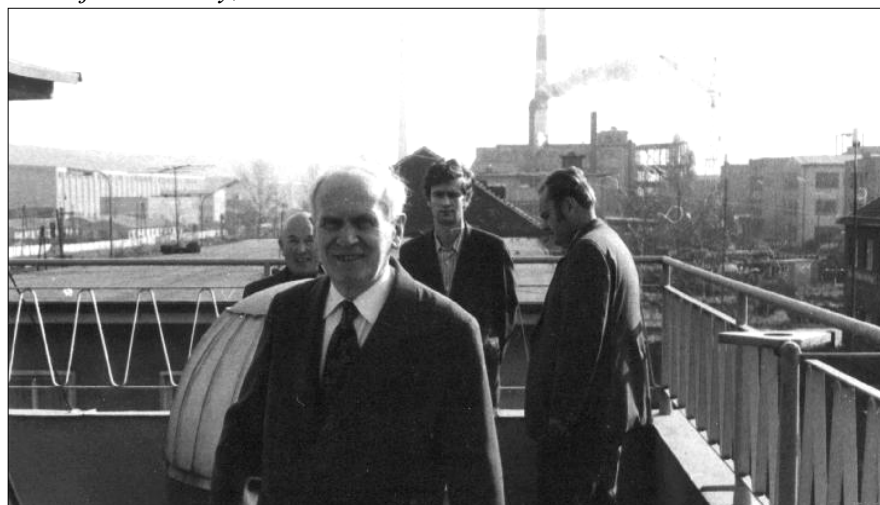
Cílem mého pokusu je o dvacet let opožděné publikování toho, co pan Profesor za svého života roze-psal, i toho, co z toho seřadil, skloubil a čím i doplnil nejbližší jeho spolupracovník, Mistr Kozelský. Ať již vydavatel-sky, či nouzově účelově. Oběma autorům máme být za co vděční, hlavně za styl výkladu, i za nabídnuté leti-té zkušenosti, a Mistru Kozelskému i za vůli vpravdě don-Quijotovskou k tomu, aby vzniklý celek dokázal zkon-denzovat. Právem, v tandemu expertů vykonal s panem Profesorem ve své době jistě činy kategorie neskutečna. I povaha slohu obou byla, co dvacetiletá, překvapivě živá, obsahově bohatá, i otevřená.

Některé výhrady recenzentů jsem zvážil a jako vhodné jsem uznal jazyk textu stylisticky upravit, výpočty i údaje ověřit tak, aby se tak některé z kritizovaných vad manuskriptu eliminovaly. Změny našlo i rozvržení látky kapi-tol. Tedy, ty z praktické astrooptiky sepsal pan Profesor, naopak jemnomechanické partie jsou z pera pana Kozelské-ho (viz obsah). Obrázky jsou původní, pana Kozelského, i přes mnohou kritiku na ně. Reference na seznam článků čís-lují [n]. Popis výroby achromatických objektivů, zvláště jejich retuší, je vůči světové amatérské literatuře nebývale ob-sažný (i když technologie profesionálů vyspěly dále a také i sortiment optických skel se rozrostl). Což je dobře, amaté-ři nikdy nebudou bezděčně solventní v krytí tržních cen šekovou knížkou. Skloňme hlavu před životním krédem spolu-autorů: „dosud ani nadbytek, ani snadná dostupnost, samoučelně nepřidaly tvůrčí zápal, ani růst, osobnostem oborově nedychtivým. Jen tvořivá pevná vůle, oborově zanicení a špetka talentu kralují vymezení profesní vyspělosti jejich vcelku, až za konečného vyrovnávání účtů“.

Hodnotu svazku vidím ve výrazné nápomoci mladším, i vážným zájemcům. A to v nalézání síly k osobní seberealizaci, i zdravého sebevědomí, vzrostlého veskrze jejich aktivní, poutavou samostatnou tvůrčí činností.

Hvězdárna Žalov v Ondřejově u Prahy, během ledna 1997

Cyril Polášek



Prof. Ing. V. Gajdušek na LH Hlohovec, dvojnici ostravské OLH.

¹ Smutná bilance v čase stého výročí nečekaného skonu jeho konstruktéra Jana Friče ve věku 34 let, pravé prapříčiny založení Hvězdárny Žalov bratři Fričů v Ondřejově jeho bratrem Josefem 21.1.1898, přesně rok nato. Pozn.rev.

² Pro stavbu velkého křížení s dálnicí D1, byla, krátce po počátku dalšího tisíciletí, budova této hvězdárny srovnána se zemí. Pozn. rev.



Paralaktický stůl konstrukce pana Františka Kozelského, vyráběný v r.1976 pro Ľudovú hviezdáreň Hlohovec, za jeho zrodu v dílničke starobělského domku.

Snímek z 8. listopadu 1974, pořízený během oslav Dvaceti let astronomie, konaných na LH Hlohovec. V popředí po levici prof. Ing. V. Gajduška sedí Dr. E. Csere, s nímž oba spoluautoři po dlouhá léta udržovali milé pracovní vztahy.



Astronomický seminář krajské hvězdárny v Hlohovci, pořádaný na Bezovci ve dnech 28. 9. -1. 10. 1972. Ve středu skupiny je pan Josef Klepešta, od prava pak vedle sebe pánové F. Kozelský, Dr. E. Csere, Balog a prof. Hazucha.

Ú v o d II

Ing. Vilém Gajdušek se narodil 16. dubna 1895 v Kopřivnici. Reálku vystudoval v Příboře a Vysokou školu technickou v Praze, kde později přešel na chemii. Jeho znalost hlavních evropských jazyků mu umožnila studium astronomické a optické literatury přímo z originálů, takže, jak sám často říkával, vyhnul se předem chybám, které už udělali jiní. To mu šetřilo čas a mohl se plně věnovat svému oblíbenému předmětu - zhotovování astronomické optiky.

Profesor Gajdušek byl nejen vynikající optik, ale i vynikající člověk. Pracoval jsem s ním od roku 1940, až do jeho smrti v lednu 1977. Zvládl teoreticky i prakticky všechny známé optické systémy a nebál se ani těch nejtěžších optických prací. Za svého života vybrousil několik set výborných zrcadel až do průměru 350 milimetrů pro dalekohledy typu Newton, Cassegrain, Nasmyth, i aplanatické Cassegrainy, jejichž zhotovení považoval za nejtěžší. Achromatických objektivů do průměru 200 milimetrů vybrousil přes 100 kusů, rovněž četné objektivy pro koronografy a optiku pro celostaty. Za zmínku stojí také optika pro Schmidtovy komory - zrcadlo o průměru 310 milimetrů - světelnost 1:1, dále pak o průměru 630/400 - světelnost 1:2 a průměr 620/400 - světelnost 1:2,5. Rovněž vybrousil velká zrcadla do průměru 650 milimetrů o počtu šesti kusů, z nichž dvě byla kulová pro Schmidtovy komory, ostatní parabolická. Obě 650 milimetrová zrcadla sloužila jako Cassegrainovy reflektory¹.

Udělal by jistě dobře i mnohem větší optiku, jen kdyby měl k tomu příležitost. Jako člověk byl velmi oblíben pro svou milou povahu. Snad ani neznal co je to závist, nenávist a podobné pojmy. Nikomu také neodepřel vybrousit dokonalý objektiv nebo zrcadlo. Jako dlouholetý předseda pobočky České astronomické společnosti, a nyní Československé - při ČSAV, v Ostravě a její čestný člen, zanechal nám své bohaté zkušenosti a nesmazatelnou vzpomínku na sebe, jako na člověka vynikajících kvalit a vzácně harmonicky vyrovnaného.

Piešťany, v květnu 1978

František K o z e l s k ý

Úvod I

Žijeme v době, ve které všeobecný zájem o astronomii dosáhl nikdy nebývalé míry. Tento zájem, podporovaný naším státem jako nikdy předtím, a živený skvělými úspěchy raketové techniky v poslední době, vzbudil u mnoha lidí touhu mít svůj vlastní dalekohled. Náš optický průmysl se však výrobou astronomické optiky nezabývá a dovoz z ciziny je omezen. Nebýt těchto dvou okolností, i tak by byly poněkud větší přístroje jednotlivcům nedostupné pro svou vysokou cenu.

Je dosud málo známo, že astronomickou optiku, hlavně astronomická zrcadla, lze zhotovovat jednoduchými prostředky, a tedy bez strojů. Většina lidí má celkem správnou představu, že tu jde o práci velmi přesnou. Druhá všeobecná představa, že je k tomu třeba velmi přesných strojů, je mylná. Charles Dévé, ředitel Ústavu pro teoretickou a aplikovanou optiku, píše v jedné ze svých knih: „Umění optika spočívá v tom, že sestrojuje přesné optické plochy náhradím, které je nutně nepřesné“. Tedy ne stroje, nýbrž umění optika je hlavní věcí.

Zde je však nutno rozlišovat běžnou optiku menších rozměrů a optiku astronomickou. U běžné optiky se docílí žádané velké přesnosti, která je u některých druhů nutná (objektivy pro menší dalekohledy, fotoaparáty, atd.), v jistém smyslu automaticky tak, že je potřeba pouze zachovávat správný pracovní postup, který není složitý. Zde se všude jedná o plochy kulové, nebo rovinné, a malých rozměrů. Dalším charakteristickým rysem běžné optiky je hromadná výroba více stejných ploch. Této práci se vyučí dělníci v optických továrnách, jako každému jinému řemeslu.

Astronomická optika většinou pracuje s plochami asférickými (nekulovými) a používá-li ploch kulových nebo rovinných, pak se jedná o značně větší průměry. Sestrojit přesně takové plochy je velmi obtížné a obtíže rych-

¹ Prvý z nich, reflektor Matematickofyzikální fakulty Univerzity Karlovy, je umístěn v reparační osmimetrové kopuli ondřejovské observatoře, ležící asi 70 metrů od kopule dvoumetrového teleskopu v západním směru. Využívá se v primárním ohnisku 3,24m, o světelnosti 1:3,6, CCD čipy různých kamer, k astrometrii a fotometrii asteroidů, hlavně pak blízkých Zemí. Druhý, o tvorbě jehož zrcadla se referuje v souvislosti s vlastním životopisem prof. Ing. Gajduška (viz vsuvka ³ pod čarou na str. 131-2), slouží fotoelektrické fotometrii na bývalé pobočné pozorovatelně Astronomického ústavu AV ČR na chorvatském ostrově Hvar. I když AsÚ AV ČR vyjevil z několika důvodů vážný zájem tento přístroj věnovat místním profesionálům, počatá jednání vázla „na ekonomické mělčině vysoké povinné daně daru do zahraničí“, vyžadované na tuzemském dárci příslušnými úřady ČR. Nyní je dar již úspěšně realizovaný. Pozn.rev.

le narůstají s průměrem, i se světelností optiky. Takové práce již nekonají obyčejní dělníci, ba naopak, svedou je jen znalí specialisté. Nemá-li je závod, nic nesvede ani se sebelepším strojovým vybavením.

Přesto je možno říci, že člověk s průměrnými technickými vlohami dovede udělat, při jisté dávce trpělivosti, a podle dobrého návodu, dobré menší kulové duté zrcadlo o průměru 10 až 12 centimetrů, s ohniskovou vzdáleností 100 až 120 centimetrů, které jako objektiv dalekohledu dovolí použít 100- až 200-násobné zvětšení. Výkon takového přístroje na obloze je překvapující. Začátečník ovšem nesmí být překvapen, pokud se mu ani tak malé zrcadlo nezdaří hned napoprvé. Sebedrobnější návod to nemůže zaručit.

Nelze předvídat všechny chyby, kterých se může začátečník dopustit. První zrcadlo bude nutné asi jemně přebrousit a znovu vyleštit. Úspěch se však určitě dostaví, a to za nepříliš dlouhou dobu. Jsou ovšem lidé, kteří mají, lidově řečeno, „obě ruce levé“ a nejsou takové práce schopni. S rostoucí obtížností práce rostou též nároky na teoretickou průpravu optika. Komu dělá potíže dosazování daných hodnot do jednoduchých vzorců, ten nemůže být úspěšný u prací poněkud obtížnějších, jimiž jsou například parabolizace zrcadel. Jisté minimální znalosti z matematiky a optiky jsem předpokládat musel, a to pro různé věci rozdílně rozsáhlé.

V této knize předkládám své zkušenosti nabyté za dobu sedmadvaceti let, z nichž jsem se mohl výhradně věnovat po jedenáct let této práci. Měl jsem to štěstí, že jsem dostal příležitost, i možnost, sestavovat optiku poměrně velkých rozměrů, ač skoro všech druhů. Doufám, že se časem někdo najde, schopný pokračovat tam, kde já jsem přestal. Přeji všem těm, kteří budou pracovat podle této příručky, hodně zdaru.

Ten, jemuž jsou určité pasáže knihy nesrozumitelné, neměl by se pouštět do práce, o níž se v oné části pojednává. Kdo chce proniknout až k jádru věci, tomu doporučuji znamenitou a jedinečnou knihu autorů Danjona a Coudera: „Lunettes et Télescopes“ [1]. Tato kniha pojednává pouze o teorii dalekohledu. Zdůrazňuji však, že provádění běžných optických prací (optika pro Newtonovy, Cassegrainovy reflektory, i značnějších rozměrů, a achromatické objektivы menších průměrů), si nevyžaduje zvláštní předběžné znalosti.

Moravská Ostrava, 1974

Ing. Vilém Gajdušek



Návštěva místa posledního odpočinku manželů Ruženy a Viléma Gajduškových, tj. hřbitůvku města Příbor u Frýdku Místku, v červnu r.2001, spolu s manželi Kozelskými. Byla předposlední etapou zaslouženého společného podzimu obou, postižených se synem brzy nato jím nezaviněnou autonehodou u Vyškova na D1. Panu Kozelskému přinesla neblahou frakturu čelisti. Zotaven, podléhal již svému věku.

I. Základní astrooptické technologie.

I.1. Materiál k broušení a leštění, jeho úprava.

Nejstarším prostředkem k broušení skla je smírek. Jde o minerál korund, v podstatě kysličník hlinitý, chemicky označený Al_2O_3 . Rozdrcením a postupným proséváním různě jemnými síty, případně zakončeným plavením, jež ještě popíši dále, získá se posloupnost prášků nahnědlé barvy, s různě zjemňující se zrnitostí.

V případě korundu umělého pak jde o čistý kysličník hlinitý. Je to prášek bílé barvy, jenž lze získat v různých jemnostech, i jemně plavený. Karborundum se naopak získává v elektrické peci reakcí křemenného písku s koksem. Větší zrnka jsou kovového lesku, barvy šedé, či šedozelené. Chemicky se v podstatě jedná o karbid křemíku o vzorci SiC . Karborundum vykazuje podstatně vyšší tvrdost než korund.

Během broušení postupně brousíme brusivem stále jemnějšího zrna, tzv. *frakcemi*. K tomu si zajistíme frakce karborunda číslo 60, 100, 200, 400 a 600. Ještě jemnější frakce si musíme připravit plavením sami, z karborunda č.600. Na jejich malá množství postačují lahve pětilitrové, se širokým hrdlem. Do jedné z nich nasypeme asi půl kilogramu karborunda číslo 600 a za míchání pomalu přidáváme vodu tak, aby dosáhla až k jejímu hrdlu. Je nutné užít vodu předtím připravenou jejím předchozím ustátím po několik dnů ve větší nádobě tak, aby v ní odstála. Vodu stáhneme do první lahve gumovou hadicí, směs důkladně promícháme a na 25 minut ji necháme v klidu. Zakalenou tekutinu pak stáhneme gumovou hadicí vnitřního průměru asi jeden centimetr do jiné zcela čisté láhve. Nelze připustit, aby konec hadice přišel až k povrchu karborunda, usazeného na dně, blíže než 8 až 10 cm. Jinak bychom nechtěně odsáli ze sedliny i pár hrubších karborundových zrn, jež by nutnou jednotnost velikostí zrn frakce narušovaly. Kalnou staženou tekutinu dáme přes noc ustát a usazenina je nejjemnějším karborundem, plaveným 25 minut. Příští den stáhneme čistou kapalinu, či ještě trochu zakalenou, do původní nádoby s karborundem číslo 600 zpět, zamícháme ji a po 25 minutách stáhneme kalnou tekutinu do druhé nádoby, v níž máme usazené 25tminutové karborundum, opět. Případně to zopakujeme napotřetí, což nám již dá dostatečné množství nejjemnější frakce, jež je karborundem 25tminutovým, aby byla v přemíře. Jistě však, i přes veškerou péči, bude obsahovat ještě i něco hrubších zrn navíc, schopných nám již předtím docílenou jemně vybroušenou plochu poškrábat a tak přec jen nepřípustně zkazit. Z té příčiny musíme zopakovat plavení 25tminutové, a to z druhé lahve do třetí, čisté. Dostačuje třikrát rozmíchat a stáhnout již plavenou směs, čímž se většina zrn z 25tminutové frakce karborunda vyplaví. Pokaždé dáme kalnou tekutinu dobře ustát, než stáhneme zbytek kapaliny. Po posledním stáhnutí rozmícháme usazené 25tminutové karborundum, případně je doplníme trochou vody a po důkladném protřepání vše vlijeme do širokohlavých lahvíček o obsahu asi 100 až 150 mililitrů. Až se za pár dnů prášek pevně usadí ke dnu, můžeme přebytečnou vodu slít. Zbytek však nesusíme, ale dobře jej zazátkujeme a onu lahvičku popíšeme štítkem: karbo 25tminutové, 2krát přeplavené.

Stejně vyplavujeme ze zbytku karborunda číslo 600 ještě trojici karborunda 12ti, 6ti a dvouminutového. Tyto druhy se však dvakrát přeplavovat nemusí, nehrozí totiž nebezpečí z poškrábání již jemně vytvořené optické plochy. Platnou zásadou přitom budiž však přísná čistota, zabráňující nepřípustnému zanesení hrubších zrn! Při plavení karborunda dvouminutového používejte hadice o větším vnitřním průměru. Je nutno ještě upřesnit okolnost, že uvedené časy plavení platí pro výšku plavící hladiny 15 až 20 cm nade dnem, a to jak před, tak i po plavení. Větší výšky vyžadují plavit úměrně déle, např. při 30 cm dvakrát déle atp..

Leštící *červeň* je v podstatě kysličník železitý Fe_2O_3 . Vyrábí se v několika druzích, z nichž světočervené druhy jsou měkčí. Ty leští optické povrchy sic přec jen pomaleji, na optických plochách, např. za procesu parabolizace, však rýhy nenadělají. Leštící červeň, před použitím, přeplavíme rovněž. Napřed ji, za občasného míchání s dostatkem vody v nesmaltovaném hrnci, povaříme asi půlhodinu. To červeň zjemní. Zjemnění lze podpořit i malou příměsí kyseliny solné, sírové či dusičné. Při přebytku kyseliny se ale červeň změkčí natolik, že leští přeci jen příliš zvolna, to dobré rovněž není. Po povaření přilijeme červeň do láhve s odstátou vodou, kterou nakonec doplníme a k běžným účelům plavíme asi dvě minuty. K parabolizaci, ba k figurování vůbec, je vhodná jemnější červeň, s dobou plavení asi pěti minut, opět za výšky hladiny 15 až 20 cm. U přesné optiky nepoužívejte jiné leštící prostředky než červeň, tedy ani například kysličník ceričitý ne.

Karborundum, umělý korund, či leštící červeň nelze nakoupit v maloobchodě. Výrobci nezasílají potřebně malá množství jedinci. Spojování zájemců v kroužcích lidových hvězdáren a zájmových klubů ale umožňuje soustředování vzniklých potřeb ve velkém, jejich zajištěním mechanismy styku mezi institucemi.

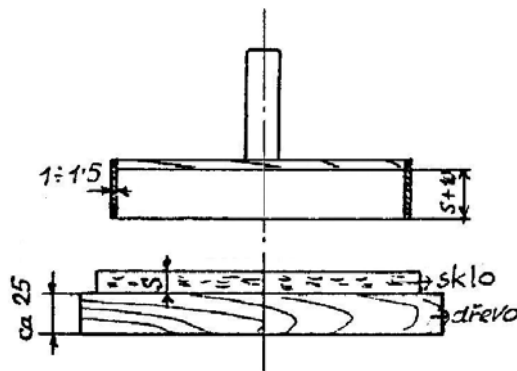
I.2. Zhotovení malého kulového zrcadla.

Kdekdo jistě pomýšlí, ve skrytu své duše, na velké zrcadlo a návazně s ním sní i po mnohem výkonnějším přístroji. Nicméně malé kulové zrcadlo o menší světelnosti by mělo být přec jen naším prvním pokusem. Poměr průměru zrcadla k jeho ohniskové vzdálenosti udává tzv. *světelnost zrcadla*, označovanou A . Např. zrcadlo průměru 10 cm o ohniskové vzdálenosti 100 cm má světelnost jedna k deseti (což značíme $A = 1:10$). My si zvolíme zrcadlo o průměru 125 mm, s ohniskovou vzdáleností 100 cm, světelnost tedy bude $A = 1:8$.

Napřed si opatříme dva skleněné kotoučky udaného průměru, tlusté 12 až 15 mm, snad mohou být i o něco tlustší. S opatřením tohoto skla bude jistě potíž. Výrobní zrcadel s tak tlustými skly nepracují a bude nutné obrátit se na příslušný závod (prodávající technické sklo, tč. Technomat). Nejlepší je objednat část tabule zrcadlového skla, nejlépe s tloušťkou 20 mm (z tak tlustého skla lze vyzískat i větší zrcadla, až do průměru 20 cm). Sklo je pak třeba rozřezat na čtverce vhodné velikosti, to je schopna provést i místní výroba zrcadel. Sklo řežeme sklenářským ocelovým kolečkem, jež je v sortimentu železářských obchodů. K této práci není potřeba velké odbornosti. Sklo potřeme na místě řezu terpentýnem a pod mírným tlakem je kolečkem podle pravítka nařizujeme. Poklepáváním úkosem kladívka z druhé strany desky, přesně proti rýze, a podél ní, se sklo oddělí. Vyzkoušejme si to na tenším skle zrcadla, asi 8 až 10 mm.

Na čtverec skla nalepme kruhovou papírovou šablonu s obrysem průměru zrcadla a oštípejme jej opatrně ručním svěrákem. Začneme v rozích, to nám dá potřebnou praxi. Poté zrcadlo obrousíme do kruhu s pomocí kaše karborundového prášku číslo 60 s vodou proti rovné železné desce (sklo držíme k ní kolmo a potřebně je protáčíme). Dělník brusírný zrcadel vykoná práci lépe a rychleji (jde-li o nám dostupnou možnost).

Máme-li přístup k velké strojní vrtačce, můžeme kotouč skla vyříznout podle obrázku č.1 přímo. Na kruhovou desku z tvrdého dřeva, průměru něco většího než činí průměr zrcadla a tloušťky asi 25 mm, si připevníme železnou destičku s 'trnem'. Desku osoustružíme na průměr zrcadla a na její obvod přišroubujeme vyříznutý podélný pás ze železného asi jednoapůlmilimetrového plechu tak, aby jeho kratší strana svým řezacím okrajem čněla nad dřevěným kotoučem proti straně trnu o tloušťku skla, zvětšenou asi o 1 cm. Nástroj upneme do vrtačky nad skleněnou desku, připevněnou na stolku. Řežeme středně rychlou rotací, kaši karborundového prášku číslo 60 či 100 s vodou, za mírného tlaku. Během řezání zvedejme nástroj a do vzniklé rýhy přihrujme vodní kaši karborunda, doplňovanou i vodou hlavně proto, aby se nám nadrcené brusivo snáze odplavovalo. V konci si kotouč skla sebedmíň neodštípněte.



Obr.1

Netroufáme-li si kolečkem rozřezat tlustou skleněnou desku, můžeme ji nařezat pilkou s použitím vodní kaše karborunda číslo 100. Řežeme ji pomocí rámové pilky podél přiloženého pravítka. Avšak pozor! Zásadně nezubovou hranou ocelového pásu a ne tou, co pro zuby bychom považovali samozřejmě za řeznou. Děláme-li tuto práci ve dvojici, jde to rychleji. Nařizujeme sklo z obou stran jen na třetinu. O hranu stolu je zlomme.

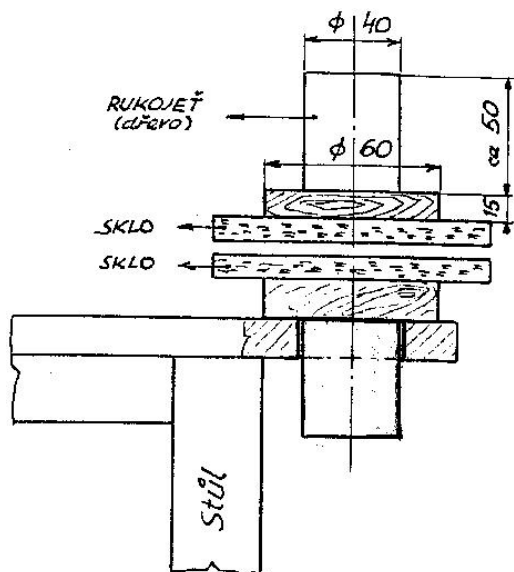
Ještě si připravme šablonu. Tou budeme kontrolovat průběh vybrušování plochy budoucího zrcadla na žádanou křivost. Má-li být ohnisková vzdálenost jeden metr, pak berme za fakt, že sférická plocha zrcadla bude částí kulové plochy o dvojnásobném poloměru, rovném 2 m. Použijeme proto dřevěnou laťku délky asi 210 cm, do níž zatlučeme dva hřebíky s jejich hroty od sebe vzdálenými 200 centimetrů tak, aby z laťky mírně vyčnívaly. Jeden z hřebíků vtlučeme do náležitě dlouhé pracovní desky tak, aby tam laťka sloužila jako pomocné kružítko, neboť protočením laťky kolem vbodové jamky prvního hřebíku, nám hrot toho druhého opiše oblouk kružnice. Hrot případně doostřeme v rydlo a jím vyryjeme část kružnice do asi 1 mm tlustého hliníkového plechu tvaru obdélníku rozměru 12 x 6 cm. Plech vhodně upneme do svěráku a co nejpečlivěji přesně jej lupenkovou pilkou rozdělme podél vyznačeného oblouku. Poté obě doplňkové šablony, dutou i vypuklou, zabrušujeme, pomocí kaše karborundového prášku číslo 100 a pak 200, případně i 400 s vodou, do sebe až potud, pokud do sebe zcela dokonale nezapadnou. Jimi kontrolujeme závěr stavu zabroušení soustavně a proti světlu. Za nejlepší postup zabrušování šablon považují ten, při němž jednu z nich vhodně pevně uchytneme na vodorovné desce a o ni se pak usilujeme otírat tu druhou tahy asi 2 cm dlouhými, k poloze středu první z šablon symetricky, a to na obě strany.

I.3. Hrubý a jemný výbrus zrcadla.

Optické kulové plochy se nejlépe brousí jako plochy stejně velkého, avšak vzájemně opačného zakřivení. Naše duté zrcadlo budeme tedy obrousovat na ploše vypuklé 'misky' opačného poloměru křivosti. Název 'brousící miska' pochází z němčiny a není zrovna nejvhodnější. Angličané užívají název 'grinding tool', či prostě 'tool', označující nástroj všeobecně. Francouzi podobně užívají 'outil', což znamená totéž. Vhodnější by nám vyhovoval název 'protisklo', pokud by naším materiálem bylo sklo. Hromadná výroba v průmyslu ale využívá misky kovové, jejichž zhotovování amatérem bývá vesměs nemožné. My vystačíme běžně s takřka ideální amatérskou praktikou pro jednu, či málo ploch, již je zabrušování skleněných disků vzájemně do sebe.

Napřed rozeberme princip uvedeného zabrušování. Mezi dva stejné, téměř planoparalelní skleněné kotouče (tj. ploch zhruba rovinných a vzájemně rovnoběžných), dáme trošku karborundového prášku s přidáním mála vody, k vzniku kaše. Pohybujeme-li středem horního a dostatečně zatíženého kotouče po dolním disku, navíc za vzájemně vhodného jejich protáčení, sem a tam tak, aby v krajních polohách nikdy nepřesahoval přes okraj dolního kotouče svým poloměrem (tj. geometrickým středem), pak gravitace zatíží dolní sklo přesahem, a tím více se i kaší obrousí při svém okraji středovou partií skla horního. Akce vybudí reakci a zmíněný vnitřek je naopak vzpírán okrajem dolního skla a obrousován kaší o něj o to více. Horní disk se proto záhy stává ztelněji dutý (*konkávní*) a dolní disk naopak ztelněji vypuklý (*konvexní*). Čím déle brousíme, a vhodně po pár minutách obnovujeme brousící vodní kaši karborunda, tím vypukleji se jeví styková plocha dolního skla, a o totéž i dutěji dotyková plocha skla pohybujícího se nahoře. Postup je správný, nepreferuje-li soustavně vyhraněný azimut misky, ani zrcadla. Tím se jim dostane stejnoměrné rotačně symetrické protizakřivení. Naš postup spoluvyrábí brousící misku i zrcadlo, k dané křivosti protikusů skla snáze než v kovu. Přímou úměrnost k době trvání.

Výše řečené lze uskutečnit různě. Nejprimitivnější zařízení (vhodnější popíšeme až později) nabízí starý

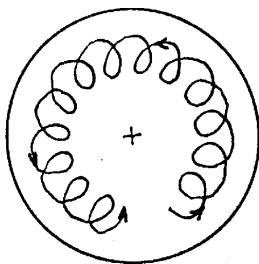


Obr.2

na větší hrudky i zrna, pro jemnější frakce.

stůl výšky 80 až 90 cm a dvě rukojeti, vysoustružené ze dřeva, dole rozšířené podle obrázku č.2. Ve vhodném místě desky stolu vyřízneme otvor s průměrem asi o 1 mm širším než je průměr rukojeti. V našem případě 41 mm. Rukojeti fixujeme na skla širšími částmi smolou (ukápnutím trošky smoly na mírně zahřáté sklo, jež vycentrujeme pokud smola zcela neztuhne). Přebytek smoly odřízneme nožem, ze skla ji dostaneme dolů benzínem! Budoucí brousící miska (protisklo) leží teď dole, s rukojetí prostrčenou otvorem ve stole tak, aby se jí dalo protáčet. Budoucím zrcadlem (dál jen zrcadlem) budeme pohybovat přes protisklo již výše naznačeným způsobem. Za práce nebude problém se zaměřováním protiskla se zrcadlem. Později si významnost záměn, pro zdar naší práce, ještě plně uvědomíme. Na protisklo nasypeme pak špetku karborundového prášku číslo 60, a to asi tolik, aby plocha zrcadla byla zcela zakryta jedinou vrstvou těsně vedle sebe ležících zrn. Nevadí, bude-li jich i o něco více, či méně. Trocha vody podaná rozstřikovačem, doplněná ještě rozestřením zrn frakce ukazovákem ruky na tenké rozptýlení, připraví vhodný základ vzniku rovnoměrné vrstvy karborundové kaše, i zvýšení citlivosti prstu

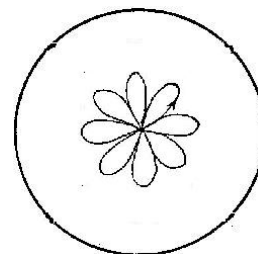
Dříve popsáný způsob broušení zrcadla, přímými tahy přes protisklo, by postupoval k cíli pomaleji. Zrcadlo můžeme vyhloubit rychleji tahem, jímž střed zrcadla opisuje vůči pevné misce snášenou spirálu, zvanou



Obr.3

epicykloida, znázorněnou v obrázku č.3. Ta vzniká krouživým posunem středu zrcadla podél vhodné soustředné kružnice, či zóny. Opakuji, že teď protisklo považujeme za nehybné. Střed zrcadla se nesmí obvodu protiskla ani dotknout, přejít až za něj už vůbec nelze! Naopak, ať za pohybu zůstane aspoň 1 cm před okrajem protiskla. Pracujeme obouřuč, kvůli vyvíjení dostatečného tlaku zrcadla na protisklo. Zrcadlo držíme docela dole tak, že se skla dotýkáme prsty. Po dokončení jednoho okruhu okolo zrcadla k výchozímu bodu, vždy je v jednom směru pootočíme o malý úhel, např. v protisměru hodinových ručiček, a o stejný úhel i protisklo, ale ve smyslu opačném. S tím si již zahájíme druhé kolo obcházení. A po něm zas zrcadlo s protisklem opět vzájemně v proti-

smyslu odtočíme. Tak postupujeme stále dále, pokud se nám podaná karborundová zrna plně nerozmělní. Což trvá asi dvě, tři minuty. Pak přidáme nový karborundový prášek, i s trochou vody, a pokračujeme shodně dál. Tu a tam vložíme tahy přes střed ve tvaru kopretiny (viz obr.4). Připomínám, že při tom je role nějaké přesnosti, či pravidelnosti tahů nevýznamná, ba naopak, nepravidelné tahy mají mnohem větší oprávnění. Po čtvrt až půlhodině práce zrcadlo opláchneme a osušíme je. Střední část zrcadla nám již odbroušením zmatní. U protiskla bude tomu naopak, to zmatní v okraji. Zkusme též pokusně přiložit námi zhotovenou šablonu. Ta nám ale až později řekne, oč jsme cíli blíže. Může dojít i k tomu, že zakřivení zrcadla bude značné u středu, přitom zrcadlo se ale stále ke svému okraji nedobrousí. Záměna zrcadla s protisklem, jak si lehce domyslíme, najde svá oprávnění. Po ní postupujeme v broušení opět „kopretinovými, či květovými“ tahy, ale již krátkými (délky asi jedné třetiny poloměru do obou stran tak, jak je poměrově zhruba naznačuje obr. č.4).



Obr.4

Zrcadlo se jimi počne zplošťovat a výbrus se bude přibližovat k okraji, avšak rychleji, než by tomu bylo u zrcadla broušeného dosud jen nahoře. Náš hrubý výbrus zakončíme, prokáže-li naše šablona již hrubé dosažení žádané křivky. Lepší je, zvětšíme-li mírně křivost u středu zrcadla, než to je nutné. Plochu přesné koule, lze-li o nějaké přesnosti vůbec mluvit, však nečekáme. K ní vede jediná naše cesta, a to jemným broušením. Toulavá zrna nejhrubší frakce ale dokáží zle zhatit naše plány. Pečlivě proto omýváme a osušujeme stůl, protisklo, zrcadlo i ruce!

Jemné broušení zahajujeme broušením karborundovým práškem číslo 100, ale již kratšími tahy. Tedy asi jen jednou třetinou poloměru do obou stran, jak jsme již výše naznačili. Vzájemná protáčení skel ale ponecháváme stejná. Pravděpodobně zpozorujeme, že nejednodušeji se odbrušují hlavně okraje obou skel a že střed si ponechává hrubší obroušení. Vcelku se tedy zrcadlo počíná zplošťovat. V jemném broušení pokračujeme potud, dokud zrcadlo i protisklo nedosáhnou na svých površích celkově rovnoměrnou jemnost.

Ukáže-li zkouška šablonou na to, že zrcadlo je méně vypuklé než je nutné, pokračujeme v broušení krátkými tahy potud, než patřičnou křivost dosáhneme. Na větší odchylku je nutné využít spíše tahy epicykloidické z obrázku č.3. Frakci dobrousíme zásadně květy krátkých tahů z obr. č.4, bez nich bychom tvaru kulové plochy pravděpodobně nikdy nedocílili. Pokud zrcadlo se jeví dutější, než je potřeba, zaměníme je s protisklem a od této chvíle máme zrcadlo dole, s protisklem na něm. Brousíme krátkými tahy až do docílení správné křivky, srovnáním plochy s šablonou. Je-li odchylka od žádané křivosti značná, uijíme buď tahy delší, či epicykloidické z obr.č.3. *Na konci frakce musíme vždy brousit zrcadlo po několik minut v normální poloze, tedy lícem dolů a krátkými tahy!*

Některé návody uvádějí, že v normální poloze zrcadla lícem dolů krátké tahy zrcadlo zplošťují a tahy dlouhé je naopak prohlubují. To je omyl a kdo mu i uvěřil, může si jej i sám lehce vyvrátit. *Zrcadlo se v normální poloze prohlubuje vždy, tedy i tahy jen krátkými.* Pouze po hrubém výbrusu, po němž se plocha zrcadla od koule značně odchyluje, se zplošťuje, ale celkově, na což jsme výše již upozornili. *Dalším broušením krátkými tahy se zrcadlo dále jenom prohlubuje, a to tím méně, čím jemnější zrno uijíme. Proto je důležité brousit zrcadla, po dosažení správné křivosti, střídavě lícem dolů i lícem nahoru, a to u každé frakce karborunda. V obou polohách pak, samozřejmě, po dobu zhruba stejnou. Stálému prohlubování zrcadla se ubránit nijak jinak nelze.* Způsob navíc minimalizuje dobu nutnou na dobroušení k matu; u frakce 100 je současně i mírou odchylky plochy hrubě broušené od kulové plochy.

Postup jemného broušení využívá v dalších etapách vodní kaše stále zjemňujících se frakcí. Jde u nich o karborundové prášky číslo 200, následně pak č.400 a závěrem i plavené druhy karborunda dvou-, 6ti- 12ti- a 25ti-minutového. Co platilo pro toulavá zrna nejhrubší frakce, platí obecně, tedy i pro frakce jemnější. Před přechodem k broušení jemnějším druhem brusiva proto vždy důkladně očistěte a osušte stůl, zrcadlo, protisklo i ruce. Každý závěr čištění doporučuji raději uzavřít přetřením protiskla a zrcadla čistou a suchou dlaní, vždy. Tradice lpí na zkušenosti, že tato dlaň je vůbec nejlepší kartáč a stěrka, zcela spolehlivě zbavující náš pár skel jakéhokoli prachu.

Brousíme tahy jedné třetiny poloměru, pod mírným tlakem. Každou dávku brusiva rozmázneme po dostatečném přidání vody prsty a roztíráme ji broušením, alespoň po tři minuty, než poskytneme další porci. Celkem vystačíme u každé frakce karborunda s osmi dávkami. Z toho čtyřmi pro způsob „lícem dolů“ a čtyřmi pro opačný, tj. „lícem nahoru“. Každá změna zrna si vynucuje kontrolu zakřivení zrcadla. Při nejjemnějším broušení karborundem 25timinutovým je vhodné užít dávek více, a to alespoň dvanácti. Zrcadlo se za broušení tímto posledním plaveným práškem při neopatrnosti velmi snadno poškrábe. Nastane-li to, pak je přebrousíme o jeden stupeň hrubším zrnem zpět, zpravidla 6timinutovou frakcí, a pak o to opatrněji opakujeme stejný postup frakcí poslední, jenž jsme již předtím nedokončili.

Pozorujeme-li vybroušený povrch proti světlu dostatečně silnou lupou, nebude se nám jevit nikdy opracovaný rovnoměrně. Pro nejjemnější výbrus je zapotřebí lupa o ohniskové vzdálenosti 1cm, též i menší. Oproti průměrným jamkám v něm vždy nalezneme značně větší dolíčky. Přesto i takové zrcadlo lze vyleštit dokonale, i v krátkém čase. Nedoporučuji brousit zrcadlo karborundovou plaveninou jemnější než představuje právě frakce 25tminutová. I přesto, že by čas leštění zkrátila, je její příprava např. karborunda 60tminutového, zdlouhavá. Ale hlavně, další broušení jeho pomocí představuje vždy velké nebezpečí možného poškrábání, pro nejjemnější plaveniny nejtýpčtějšího. Varuji před nimi, neboť ta úspora času jimi bývá jen iluzí. Užití nejjemnějších plavenin, např. Mikropolitu P či J je zárukou poškrábání, i přes sebelepší jejich přeplavování. Celkový tlak při broušení 25tminutovým karborundem nemá přesahovat hodnotu šesti až deseti gramů na čtvereční centimetr zrcadlové plochy. U hrubších druhů to může být přiměřeně více. Druhy nejhrubších frakcí dovolují bez většího nebezpečí zatěžovat na šedí dílo však, věru, značně.

Jemně vybroušená plocha odráží šikmo dopadající paprsky světla již skoro jako zrcadlo, dokonce jasné předměty jsou již vidět i průhledem. To ale neznamená, že vybroušení zrcadla je dokonalé. Aby k uvedené průhlednosti zrcadla došlo, dostačuje k tomu i jen jedna až dvě dávky 25tminutového karborundového brusiva. Roztíráme-li každý druh zrna dlouze, vždy můžeme upozorovat zdánlivé zjemnění plochy. Jde však o efekt bezvýznamný, navíc dokonce i nebezpečný, a to pro svou snadnost přivedení obou protiskel do stavu vzájemného pevného spojení přilnutím. Abychom se tomu ubránili, musíme vždy podávat dostatek brusiva, i pro ten nejjemnější druh, a jen málo vody. Cílem nám je vytvoření dostatečně husté kaše brusiva, zbraně proti silám mezi molekulami blízce se přibliživších skel. Vodu podávejte za broušení střídavě, nejlíp formou spršky. Brzy najdete správné množství vody, abyste už nemuseli další vodu přidávat dodatečně. Přilnou-li během jemného broušení protiskla k sobě, vynechejte násilí. Je marné, navíc ohrožuje materiál, i dílo. Nelze pak jinak, než přilnutá skla vnořit do vody, aby vzniklé mezimolekulární silové vazby mezi nimi časem zrušila rozlepením sama, někdy i později než po jednom dni.

Zdaleka netvrdím to, že právě popsanými druhy karborunda lze získat dokonalý výbrus zrcadla. Zachováváním popsaných pravidel však zajistíte, že zrcadlo bude připraveno dobrým vybroušením k vyleštění.

Závěrem si vysvětleme, proč se musí, nehledíme-li ovšem na drsnost plochy, při uvedeném postupu vytvořit nakonec přesná koule. Koule je, kromě roviny, totiž jediná plocha té vlastnosti, že při vzájemném pohybu obou ploch o stejné křivosti, ale opačného zakřivení, po sobě, se všechny jejich body mezi sebou dotýkají za stálého kontaktu. Tedy, i kdyby na počátku broušení nebyly obě plochy v kontaktu a dotýkaly se proto jen v několika místech, potom za broušení se zbrušují především v oněch místech, v nichž se plochy stýkají. Teprve až závěrem jemného výbrusu vznikne kontakt prakticky úplný a jako takový zůstává i pro smýkání obou ploch po sobě. To je podstatou onoho zázraku, že ke konci jemného broušení jsou obě plochy „přibližně“ doplňkově kulové. Jelikož mezi plochami leží tenoučká vrstva rozmělněného karborundového prášku, nemohou pro tuto příčinu obě plochy mít, striktně vzato, přesně stejná protizakřivení. Naložíme-li tyto plochy na sebe obě očištěné a suché, stýká se jen okraj. U středu je mezera tloušťky jen „přibližně“, tj. 0,001mm, tedy jediného mikronu.

I.4. Proces leštění.

Slovo vybrousit významově působí v optické praxi dvojace. Vzato přísně ve smyslu této knihy, označuje jen proces popsaný předešlou kapitolou. Mimo to se toto slovo ale občas objevuje i v obecnějším slova smyslu, kde spojení slov 'vybrousit zrcadlo' nebo čochu pak vlastně znamená plné jejich zhotovení, tedy práci zahrnující v sobě též i proces leštění vyráběných optických prvků. Procesu vlastního broušení se podle dobrého návodu naučit může každý, s výjimkou naprostých technických antitalentů. Leštící proces, naopak, je podstaty složitý. A ne až tak dobře známý, i dodnes ne zcela do jemností jasný. Až při něm narážíme na opravdové obtíže.

Vlastní leštění zajišťuje fyzikálně mechanická vlastnost optické červeně, či *anglické červeně*, nebo pařížské rouge (čti *ruž*), značící totéž, v jednotě s amorfni smolou. Dobrý výsledek procesu leštění je hlavně závislý na správně zvolené, či připravené smole, a to víc než na druhu červeně. Nutné je teď na řadě pojednání o smole!

Přesto, že smola se za obvyčejné teploty zdá být pevnou látkou, v mnohém ohledu se tak nechová. O tom nás přesvědčí pár jednoduchých pokusů:

- ponechme krabičku smoly ležet otvorem přes hranu stolu. Za pár dnů či týdnů počne smola z krabičky doslova vyhrězat, vytéká a vytváří geometrický tvar, známý jako *střechl*. Ponecháme-li ji čas, vyteče smola z krabičky téměř zcela

- v druhém pokusu vložíme na hladinový povrch smoly v nádobě příhodný předmět vyšší specifické váhy než té smoly. Časem se tento předmět vnoří do smoly, dokonce projde až k samému dnu nádoby.
- zalijeme-li korek, přidržovaný na dně jen po dobu než smola neztuhne, roztavenou smolou, vynoří se naopak později, a logicky, na povrchu smoly. Jev je jasně opačný k předchozímu případu.

Z pokusů jasně vidíme, že v jistém ohledu disponuje smola i vlastnostmi kapalin. A s tím úzce souvisí i jev mající pro leštění vlastnost základní, i zásadní: *přitlačíme-li k smůle pevný předmět oblého tvaru a zamezíme-li vhodně jeho přilepení k ní, okopíruje její povrch přesným otiskem styčnou plochu tlačícího předmětu na smolu.*

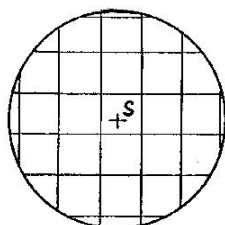
Užíváme-li smolu k leštění, musí mít, pro odhadovanou pracovní teplotu při něm, určitou tvrdost. Ta závisí nejen na změně této pracovní teploty, ale ještě, což je výrazně horší, velmi úzce souvisí i s teplotou vnější, tedy např. místnosti, dopadajících slunečních paprsků oknem, náhodným dálkovým ovládním dodávky tepla k vytápění dílny, atp. Teplota místnosti při probíhajícím leštění proto citelněji kolísat nesmí. U menších zrcadel by měly být tyto teplotní změny menší jak 2°, 3° Celsia, u větších ještě daleko méně. Obyčejná obuvnická smola je příliš měkká. Její výroba má zohledňovat lepení kůží a nikoli leštění optických ploch. K jejímu přizpůsobení na ně, musíme do ní přidávat přesně náležité množství kalafuny. Avšak ani přibližný poměr obou látek nelze dobře stanovit předem. Prodávaná obuvnická smola je z hlediska jejích vlastností navíc fyzikálně-mechanicky nejednotná, což je příčina způsobující naznačenou potíž s její nezbytnou, ale přesto značně komplikovanou přípravou. Kalafuna se přidává do horké smoly až řídké konzistence, při stálém promíchávání dřevěnou tyčinkou, pokud se přídavek zcela nerozpustí. To umožní dokonalé a potřebné promísení kalafuny se smolou. Smola se při tom však nesmí nejen připalovat, ale ani jinak zbavovat, svou teplotou blízkou „skoro varu“, nepostradatelných těkavých látek. Správnou tvrdost upravované smoly si ověřujeme zásadně jejím odkápnutím na malé ploché sklo, aby na něm vychladla. Začátečník jinak poznat v předstihu právě ideální stav cílové taveniny nesvede, pro jen přibližnost a neurčitost naší znalosti údajů o ní. Až po chvíli, kdy smola na skle zatuhne, ochlazujeme náš vzorek pod tekoucí studenou vodou a ponecháváme jej alespoň pět minut odstát na vzduchu pracovní. Zakulaceným nehtem palce pak na ni natlačíme jen vlastní vahou paži, tedy jen mírně. Je-li smola správná, zanechá nehet v ní po 4 až 5 sekundách mělkou a asi 3 mm dlouhou rýhu. Delší a hlubší rýhu má smola měkkší, k ní kalafunu dodáváme a přezkušujeme v cyklu než vyhoví. Tvrdá smola nehtu uhýbá míň, kratší rýhou a někdy vykáže i nadrcenou smolu.

Je potřeba se zmínit i o náhražkách smoly, i kalafuny. Různé syntetické pryskyřice téměř zcela vytlačily pravou kalafunu, dostupnou jinak jen z dovozu. Umělé pryskyřice jen s obtížemi rozeznáváme od pravé kalafuny. Vodítkem snad může být jen rozdílný zápach během jejich pálení. Při zkoušce se neobejdeme bez malého srovnávacího kousku pravé kalafuny. Pravá smola vykazuje na lomu lesk. Je-li naopak na lomu matová, pak byla narušena příměsí jiných látek a není pravděpodobně vhodná k leštění, ale snad jen k lepení. Takové náhražky smoly nejsou k našemu leštění vhodné. Dobře vyhovuje i čistá kalafuna změkčená po roztavení pěti až deseti procenty pravého terpentýnu. Správná poměrová množství však musíme nalézt zkusmo. Kalafunu nezměkčujte ničím jiným, jako třeba olejem, či včelím voskem. Rozhodně by to leštění neblaze ovlivňovalo. Později se u parabolizace zrcadla vrátíme k této otázce podrobněji.

Nyní popíšu přípravu *leštící misky*, tedy nástroje používaného při leštění zrcadel. Název ‘leštící miska’ je snad ještě nevhodnější než ‘brousící miska’. Často využíváme jen některé její části, pak může být tvarově od misky i značně vzdálená. Výraz ‘*leštič*’ je výstižnější, proto jej zde používáme též i nadále.

Pracovní stůl i obě skla pečlivě očistíme a připravíme si řídkou kaši z leštící červeně a vody. Kromě toho potřebujeme štětec, či dřívko, omotané na konci mnoha závitů zdravotnické gázy. Roztavíme v hrnci, nejlépe hliníkovém, větší množství smoly do stavu v němž je smola, již ověřené skladby, docela tekutá. Nemá však být ani příliš horká, ani příliš řídká. Je-li to nutné, pak smolu necháme případně mírně vychladnout do konzistence, v níž naše míchací dřívko zanechává za pohybu znatelnou stopu. Zrcadlo musíme natřít hustou suspenzí červeně proto, aby se později, během přiložení k tuhnoucí smole, jímž získá ona jeho přesný otisk, nepřilepilo ani svou částí. Protisklo poté potřeme terpentýnem a nalijeme na ně doprostřed tolik smoly, aby se jí sklo nejen zcela pokrylo, ale aby stékalo i dolů. Smola zpomaluje své skapávání a my, v okamžiku, kdy v tom ustane, přiložíme zrcadlo lehce na smolu a ihned počneme jím stále pohybovat všemi směry, než smola zcela nevychladne. Pokud se vytvoří na povrchu smoly menší důlky, což nevadí, byla smola příliš horká. Zásadní důležitost má stav rovnoměrného a celoplošného otisku zrcadla na leštiči. Ten docílujeme při příliš chladné smole nejsnáze tlakem. Nepodaří-li se nám plochu zkopírovat, či otisknout, pokusíme se o to pokračováním v polití smolou, pro rychlý nárůst tloušťky její vrstvy, již jen jednou, ne vícekrát. Smolu nalijeme na nepodařený osmolený povrch protiskla a potom se opět usilujeme o získání kvalitního otisku zrcadla. Opakuje-li se neúspěch, seškrabeme dvojvrstvu nožem, což je namáhavé a lze to provést jen za studena a za nebezpečí nepřijemného ušpinění sebe, ale hlavně našeho oděvu.

Leštič upravujeme po vychladnutí takto: smolu přeteklou okrajem odstraníme nožem velmi opatrně. Ne-



Obr.5

smí se totiž při tom odlomit jediná větší „lasturka“ okraje leštícího povrchu. Malé lasturky až tak škodlivé zdaleka již nejsou, proto nevadí. Poté, podle pravítka, či lépe rovného pruhu lepenky, vyryjeme, či vyznačíme tužkou čáry, jako na obrázku číslo 5. Čára nesmí jít středem plochy, ani obrazec z nich utvořený nesmí být podle středu souměrný, produkoval by zóny. Vzdálenost čar by měla činit 2,5 až 3 cm. Ostrou žiletkou tloušťky nad desetinu milimetru vyřízneme v místě rýh či čar kanálky profilu rovnostranného trojúhelníka s délkami stran cca 3mm. Menší nepravidlosti nevadí. V kanálcích má za leštění kolovat červeň a tím zajišťovat rovnoměrnost leštění. Leštič tím je již připraven k práci.

Během leštění se kanálky někdy zužují, či vůbec zavalují. Jejich stav proto musíme důsledně napravit. V počátku leštění užíváme tu suspenzi červeně s vodou, u níž po usazení červeně činí její výška 1/10 celkové výšky vody. Leštič po těchto úpravách již nezachová dokonalý kontakt se zrcadlem. Tedy musíme na červení zcela natřený leštič přiložit zrcadlo a zatížit je, pro náš průměr, asi tak 2 až 5 kg. K tomu je vhodný malý počet železných kotoučů se středovým otvorem k nasunutí na rukojeť zrcadla. Na počátku leštění zatížení nepotřebujeme. Leštič se brzy za něj zahřívá, formuje se a tím spíše k zrcadlu i přilne. Později, a to vždy tehdy přerušujeme-li leštění, i jen na pár minut, je též vždy toto zatěžování nevyhnutelné. Čím delší je naše přestávka v leštění, tím delší dobu potřebujeme k opětovnému dosažení dokonalého kontaktu tlakem za studena. *Dokonalý kontakt je základní podmínkou dosažení úspěchu. Za něj zrcadlo dokáže klouzat po leštiči s rovnoměrným odporem, tedy 'neposkakuje'.* Z nerovnoměrnosti odporu za pohybu lze odhadovat, jak dlouho proces tlačení zrcadla na leštič za studena ještě potrvá. A naším úkolem i cílem je jeho úplné zrovnomnění.

Leštění je spojeno s využíváním stejných tahů, jaké si též vyžadovalo i jemné broušení. Jde tedy o krátké jednotřetinové tahy a vedené přes střed. Vhodné je nejsou-li tahy stejně dlouhé, i jdou-li též poněkud mimo střed leštiče. Postupujeme-li správně, měl by být asi po deseti minutách povrch leštiče rovnoměrně zabarven dočervena částčkami červeně, pevně ulpivšími ve smole. Červeně obnovujeme po pěti až deseti minutách, za stálého pokračování v leštění. Asi po čtvrt hodině zrcadlo prvně omyjeme a zkontrolujeme. Zrcadlo se počne znatelně lesknout. Střed bývá oproti okrajům pravidelně výrazněji více vyleštěný. Chceme-li zrcadlo vyleštit rychle, leštíme je krátkými tahy lícem nahoru, ale jen za dodržení dokonalého kontaktu. U začátečníka je to ale postup značně riskantní. Lehce totiž přivede plochu (figuru) k nepravidlosti, žel, i s více zleštěným okrajem zrcadla. Po leštění lícem nahoru leštíme proto zrcadlo vždy alespoň půlhodinu lícem dolů, i když se již jeví jako vyleštěné.

Postup leštění nejlépe upozorujeme v šikmo dopadajícím světle žárovky s čirou baňkou. V okolí obrazu žárovkového vlákna lze vidět i nejmenší nevyleštěné tečky buď pouhým okem, či slabou lupou zaostřenou na povrch zrcadla. Jeví se nápadně jako jasné tečky na tmavém pozadí. Špatně vyleštěné zrcadlo budí dojem svého „skoro-zaprášení“. Správně vybroušené zrcadlo lze vyleštit asi za 2 hodiny, avšak jen tehdy, docílíme-li vhodného tlaku na ně. Ne-li, leští se déle, asi tak čtyři až šest hodin. Malá zrcadla o průměru deset až dvanáct centimetrů se leští v ruce obtížně, jde totiž o práci nepohodlnou. Později popíšeme jednoduché zařízení, velmi usnadňující i zkracující práci. Kvůli jednomu či dvěma zrcadlům se však nevyplatí je vyrábět. Nepodaří-li se zrcadlo vyleštit ani do šesti hodin a připadá-li nám stále jakoby značně zaprášené, je to způsobeno nevyleštěnými tečkami a bude nutno je ještě jemně přebrousit. Je totiž jisté, že nebylo dostatečně jemně vybroušené. Jeví-li se tečky pod lupou skoro jako stejně veliké, stačí přebroušení karborundem 6tminutovým a následujícími jemnějšími druhy. Karborundum 25tminutové je jemné, při broušení hladké plochy již 'nezabírá'. Aby zabralo, musí mít orýhovanou miskou. U protiskel jsou pro plochu vražedné nečekaně uvolnivší se skleněné střípky, ty dokáží lesklou plochu i zle rozrýt.

Příliš hustou pastou červeně se zrcadlo ani zdaleka dobře nevyleští. Máme přitom na mysli suspenzi zanechávající vrstvu červeně vysokou od poloviny do jedné třetiny původní výšky hladiny rozmíchávané kapaliny. Natolik hustá červeně se hodí jen na pár minut počátečního leštění. Poté musíme přidávat vodu tak, aby naředila červeně na jednu desetinu, a konečně pak až na dvacetinu původní výšky rozmíchané suspenze. Někdy přitom ulpí červeně jen ve střední části leštiče a zbytek zůstává tmavý. Takže za takové situace pozor! Leštění ihned přerušme! Jeho pokračováním by na zrcadlové ploše vzrůstala vada, vyžadující neúměrné úsilí k dosažení nápravy. Leštič osušíme a kouskem ceresínu jej potíráme 'místo vedle místa'. *Ceresín* je produkt z nafty, podobný parafinu, je však o něco tvrdší. Stejně dobře napomáhá potření kouskem včelího vosku. Poté na chvíli zatěžíme zrcadlo a leštíme červení o hustotě jednodesetinového poměru výšek usazeniny a hladiny. Leštič zůstává stále stejnoměrně červený i poté, kdy leštíme snad jen samotnou vodou, což někdy má velký význam.

Někdy se neobejdeme bez výroby nového leštiče přesto, že zrcadlo je již zcela, či téměř, vyleštěné. Hustší červeně užíváme pak jen na zformování leštiče, pokud smola je ještě měkká. Po zatvrdnutí smoly natíráme leštič ceresínem, či včelím voskem. Zatěžíme jej po delší dobu a poté leštíme jen velmi řídkou červení (1:20), nebo pouze vodou červení jen zabarvenou, bude-li to zapotřebí. Brzy dostáváme stejnoměrně jasný červený podklad.

Přilne-li zrcadlo k leštiči pevně, ponoříme je společně do nádoby s vodou po dobu, než to umožní zrcadlo z leštiče volně sejmut. Někdy to ovšem vyžaduje spoustu hodin čekání, než k jejich uvolnění dojde.

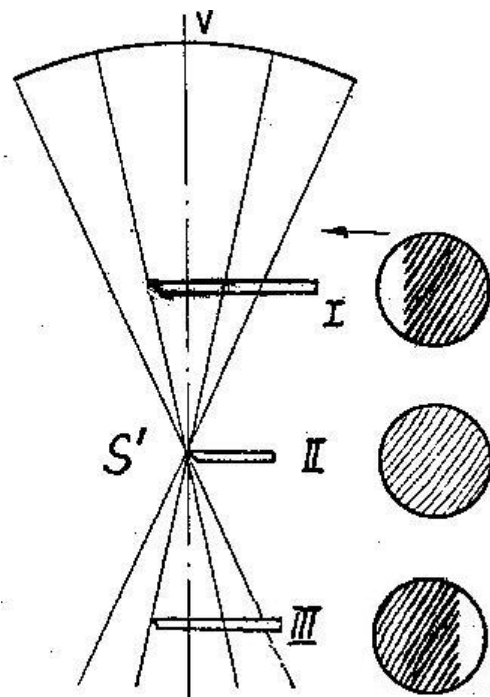
Občas se zrcadlo během leštění poškrábe. Chceme-li mít povrch zrcadla dokonalý, pak nezbyvá než zrcadlo jemně přebrousit. I jemné škrábance však vyžadují karborundum 6tminutové. Někdy se nadělají jen velmi jemné rýhy, viditelné pouze při určitém osvětlení a v průhledu už pak vůbec ne. Okraje takových rýh (anglicky *sleeks*) se pod lupou jeví oproti skutečným škrábancům, majícím okraje odprýskané, jako rovné. Takové rýhy vyleštíme použitím jen velmi řídké červeně, či přesněji řečeno, pouze pomocí červení sotva obarvené vody. Leštíme po tak dlouho, než náš leštič skoro oschne. Vždy však velmi pozorně.

Charakteristické je rovněž zhoršení povrchu téměř zcela vyleštěného zrcadla v důsledku následného použití hustší červeně. Pak se najednou objevuje spousta jakoby nevyleštěných teček, jež lze po krátké době vyleštit velice řídkou suspenzí červeně na tvrdé smole. A jaký vliv mají škrábance na kvalitu pozorovaného obrazu v dalekohledu? Přímě je, přirozeně, nepozorujeme. Za noci se škrábance projevují při pozorování jen zvýšením prosvětlení pozadí, které, není-li jich příliš mnoho, je neznatelné. Škrábance objektivu koronografu jsou však vždy výjimečně nepříznivé. Ty totiž ještě před zastíněním zvyšují neúnosně rozptyl slunečních paprsků.

I.5. Foucaultova stínová zkouška.

Dobrym vyleštěním zrcadla naše práce zdaleka ještě nekončí. Nedostačující přesnost námi zhotovené kulové zrcadlové plochy je, pravděpodobnostně, vesměs jistá. Klasifikaci tvaru námi vytvořené plochy zrcadla nám usnadní základní optická zkouška, nesoucí jméno jejího autora, slavného francouzského fyzika Léona Foucaulta. Její princip nám schematicky ujasňuje obrázek č.6.

Hlavní myšlenka využívá základní vlastnost kulových zrcadel, platnou v geometrické optice. Podle ní se totiž světelné paprsky vycházející ze světelného bodu S , umístěného ve středovém bodu O kulové plochy, musí po odrazu protínat opět přesně v tomto středu křivosti. A situace je prakticky stejná i tehdy, přesuneme-li světelný bod do jiného bodu, jenž leží v rovině kolmé k optické ose, procházející středem křivosti kulového zrcadla, velice blízko něj. Paprsky z něj se totiž protnou po odrazu v jiném bodě S' této kolmé roviny, souměrném k jejímu průsečíku O s optickou osou. Analogická situace nastane i při nepatrném posunu bodu S podél optické osy, a též pro kombinaci obou těchto nepatrných přemístění, jsou-li ovšem svou velikostí vskutku zanedbatelná, vzhledem k velikosti poloměru křivosti zrcadla. Na obrázku č.6 jsme kvůli přehlednosti střed křivosti O nevyznačili, stejně jakož i světelný zdroj S . Ten předpokládáme za umístěný nalevo od bodu S' . Umístíme-li oko co nejbližší za bod S' , pak ono celé zrcadlo pozorujeme, jako by bylo prosvětlené. Ujijme pravítko s ostrou hranou, kolmou k rovině určené optickou osou a bodem S' (tedy i S) a vhodně pohyblivé kolmo k hraně. Posuneme-li jím zprava doleva a jsme-li přitom o něco blíže k zrcadlu než samotný bod S' , pak se v okamžiku protnutí paprsků pravítkem počne naše zrcadlo postupně zatemňovat od pravého okraje (poloha I). Stín ohraničený svislou úsečkou počne postupovat ve směru stejném jako hrana přesouvaného pravítka. Čím blíže se přemísťujeme k bodu S' , tím jsou i hranice stínu neostřejší, jeho pohyb se valem zrychluje.



Obr.6

Při protínajícím se svazku paprsků přímo v bodě S' (poloha II), zatmívá se zrcadlo najednou jako celek tak, že velmi výrazně a stejnoměrně pohasne. Pohybuje-li se pravítko ve stejném směru, avšak oddálené až za bod S' (poloha III), potom během protínání paprsků se stín objeví nejdříve na levé straně zrcadla, avšak počne postupovat směrem opačným. Vysvětlení úkazu je jednoduché a rozebírat je snad není ani zapotřebí.

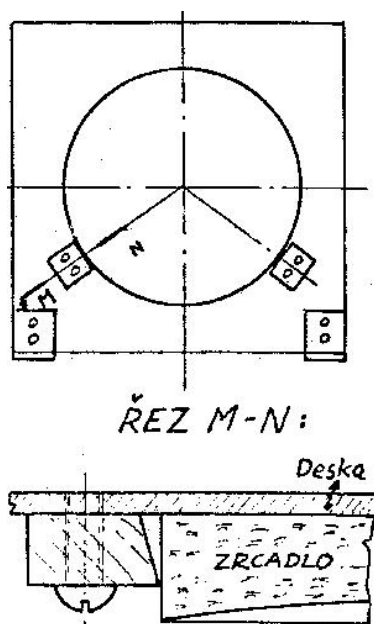
Nemáme v úmyslu podrobně popisovat příslušnou aparaturu, uvedeme jen několik poznámek. Jako zdroj světla se hodí matovaná žárovka do kapesní svítilny, opatrně obroušená například na ručním brousku. Namontujeme si ji na těžký stojánek o průměru asi 16 milimetrů ve výši asi dvaadvaceti centimetrů nad stolem.

Otvor o průměru desetiny milimetru vyrobíme v posuvné trubce tak, aby tento otvor byl žárovce co nejblíže. Tím dosáhneme toho, že otvor i jeho obraz jsou vzdáleny od osy zrcadla jen asi půl centimetru, neboť optická osa rozděluje vzdálenost světelného bodu od pozice obrazu přesně napůl. Právítko s ostřím musí mít jemný posun šroubem ve směru optické osy, a též kolmo k ní. Přístroj musí být dosti robustní a na třech kónických zakulacených nožkách. Polohu ostří je navíc nutné odčítat s přesností jedné desetiny milimetru postranním milimetrovým měřítkem s noniem. Tyto možnosti nám úplně postačí, neboť pohyb kolmý k optické ose můžeme zcela dobře nahradit malým nachylováním celého přístroje šroubem o centimetrovém průměru s volným závitěm, v roli třetí, podpěrné nožky. Naši konstrukci tím značně zjednodušíme.

Pro zkoušení zrcadel různého průměru dobře poslouží stojan zrcadel, jež se s ním dají jemně naklánět pomocí šroubu. Tím se současně umožňuje snadné přivádění vlákna žárovky do správné výšky nad stůl. Obraz žárovky je převrácený a pokud jsme vše nastavili do správné polohy, musí být přesně stejně veliký a k samotné žárovce co nejbližší. Teprve potom nasuneme na žárovku trubičku s otvorem. Otvor i jeho obraz s ostřím má být přibližně stejně daleko od zrcadla, výška otvoru i jeho obrazu nad stolem má být rovněž stejná. Zkoušku provádíme v dobře zatemněné místnosti, v níž při zkoušení větších zrcadel musíme co nejvíce zabránit vzdušnému proudění všemožnými úpravami. Nejsnáze to zajistí nevytápěná sklepní dílna, orientovaná k severu, s dobře těsnícími dveřmi i okny, budeme-li ji, ovšem, užívat jen mimo topné období.

Při otvoru s průměrem jedné desetiny milimetru jsou světelné jevy slabé, jen málo výrazné. Mnohem účelnější je nahrazení kruhové plošky světlou štěrbinou o šířce jedné desetiny milimetru a s výškou do čtyř milimetrů. Ta nám poskytne asi čtyřicetinasobnou intenzitu osvětlení. Případné zmenšování šířky štěrbiny pak zvětšuje citlivost zkoušky. Zhotovit takovou štěrbinu však bývá nesnadné. Kromě toho je nutné značně přísněji aplikovat určitá pravidla pro zkoušení, platná mnohem volněji rovněž i pro kruhový otvor. Předně musíme zajistit promítání obrazu naší štěrbiny vždy přesně do té výše, v níž je umístěna ona sama, obraz tak musí být velikostí s ní shodný. Ostří nože musí vždy být zcela rovnoběžné se středem štěrbiny. To zajišťujeme poměrně snadno nakláněním i posouváním ostří. Správnou polohu ověřujeme slabou lupou o ohniskové vzdálenosti asi pěti centimetrů. Ostří i obraz při tom musí být stále stejně ostré a takřka vedle sebe. Je-li to nutné, ostří příslušně posuneme. Jemný pohyb rovnoběžně s optickou osou by měl vskutku být pokud možno co nejpřesněji rovnoběžný, avšak dost dobře postačuje i zaměření jen pomocí oka. V případech prací na velkých, či samozřejmě také na velmi světelných zrcadlech, ostatně vždy velmi náročných, musíme se přesvědčovat lupou, zda při pohybu ostří zůstává samo o sobě ve stejné vzdálenosti od obrazu štěrbiny. Štěrbinou lze odstranit i vliv případných nehomogenit v samotném oku. Ty často dovedou při měření nepříjemně rušit. Avšak, pro užívání štěrbiny již není zatemnění místnosti až zcela kritické. Pozadí zrcadla by mělo být svou povahou homogenní, proto např. celé zrcadlo podložíme tmavým papírem.

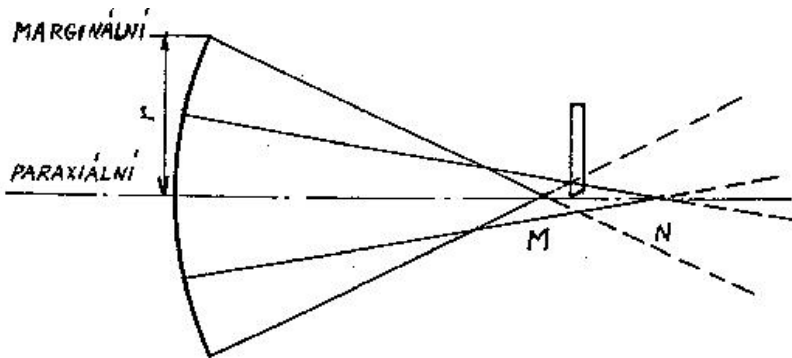
Zrcadlo spočívá na špalíčkách podle obrázku číslo 7. Napravo i nalevo se dá stojanem pohybovat ručně,



Obr.7

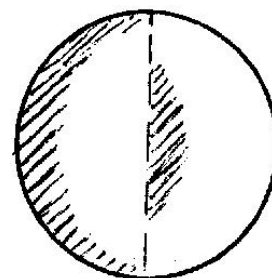
naklánění zajišťuje šroub. Stojan se zrcadlem postavíme od žárovky do vzdálenosti dvojnásobné ohniskové vzdálenosti, tj. do poloměru křivosti kulového zrcadla. Kryt žárovky sejmeme. Zrcadlo se potom snažíme přivést do takové polohy, v níž můžeme spatřit ze vzdálenosti asi čtvrt metru od žárovky její obraz vytvářený zrcadlem a přivést jej poté i do té polohy, kdy je umístěn asi jeden či jeden a půl centimetru vpravo od ní, a ve stejné výši. Obraz žárovky bude pak stejně veliký a převrácený. Zpočátku bývá nastavování dosti obtížné. Vodičkem nám může být i odraz od zadní strany zrcadla (jde o hodně zmenšený přímý obraz žárovíčky). Ten spatříme ihned. Naše oko se přitom vždy snažíme umístit tak, aby skvrna byla ve středu zrcadla. Máme-li zrcadlo vybroušené dostatečně centricky, lehce získáme živý pocit toho, že ve vzduchu se vznáší převrácený obraz žárovíčky. Je-li oko dosti blízko, celé zrcadlo se prosvětlí. Obraz bude pravděpodobně výše či níže než je zapotřebí, snad bude i poněkud stranou. Šroubem upravíme jeho správnou výšku a malým posunem stojanu doprava či doleva přivedeme obraz do žádané blízkosti žárovíčky. Rovněž bude zapotřebí upravit vzdálenost žárovky od zrcadla tak, aby byla vzdálená shodně s obrazem. To poznáme tím, že se jejich vzdálenost nezmění, během posouvání oka doprava a doleva. Potom nasuňme trubičku s otvorem půl mm tak, aby otvor byl právě naproti žárovce, tj. ani moc nahoře, ani víc dole. Z větší vzdálenosti se obraz otvoru zjeví jako světlá tečka.

Výšku obrazu případně poopravíme tak, aby byla shodná s výší otvoru. Přiblížíme-li dostatečně oko, spatříme zrcadlo stejnoměrně osvětlené. Nato provedeme právě popsanou zkoušku. Směr pohybu stínu nám naznačí zcela spolehlivě, zda se ostří nalézá před, či za středem křivosti zrcadla. Blížíme-li se ke středu křivosti, pak stín již nebude ohraničovat úsečka, ale oblouk. Proto současného zatmívání a pohasínání zrcadla se nám už vůbec nezdaří dosáhnout. Namísto toho spatříme v bezprostřední blízkosti středu křivosti zrcadla jakýsi stínový obrazec, v němž bude část zrcadla prosvětlena. Doplněk světlé plochy naopak bude ve stínu. Tím se prokazuje stav plochy nekulové. Ještě jinak řečeno: paprsky se nám neprotínají do jediného bodu S' (viz obrázek 8). Dejme tomu, že paprsky *paraxiální*, tedy ty, jejichž chod se nalézá v nejbližším okolí optické osy, se protínají v bodě N , který je vzdálenější od zrcadla než bod M , v němž to činí paprsky okrajové, zvané též *marginální*. Pak stavme ostří zhruba doprostřed úsečky MN . Levá část u obvodu zrcadla bude zastíněna, stejně tak i část blízko středu v pravé polovině zrcadla. V případě opačném, na obrázku 8 nezachyceném, se protínají paraxiální paprsky blíže než okrajové, a tak spatříme náš stínový obrazec jako souměrný k prvnímu, a to dle svislé osy. Přitom je ale nutné výslovně upozornit na to, že výše řečené platí k osvětlení zleva, tj. k nejobvyklejšímu. Při osvětlování zrcadla zprava se totiž oba typy stínů stranově zamění.



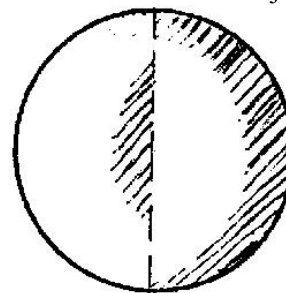
Obr.8

Pokud jsme při leštění postupovali správně, tj. měla-li smola správnou tvrdost, dále byly-li tahy krátké a nestejně dlouhé a, především, došlo-li k dodržení dokonalého kontaktu zrcadla s protisklem, pak spatříme tvar stínu podle obrázku 9. Stíny budou měkké, neostře ohraničené, tedy ne příliš tmavé. Zvýšení kontrastu stínového obrazu se dosáhne užitím menšího otvoru. Zkoušku je pak nutné provádět při mnohem důslednějším zatemnění. Naše zrcadlo nebude v popsaném případě kulové, bude mít přibližně tvar sféroidu, tedy tělesa vzniklého rotací elipsy okolo své malé osy. Takový stín nazveme *stínem sféroidickým*. Byla-li smola měkčí, i tahy delší, lze se značně přiblížit kulové ploše a náš stín uvidíme jako na obrázku č.6/II. U příliš měkké smoly je stín nalevo od středu příliš tmavý a odchylka povrchu od koule bude značná. Konečně, při zanedbání dobrého kontaktu a při smole příliš měkké, nebo příliš tvrdé, uvidíme stín na němž se střídají tmavá a světlá soustředná a ostře ohraničená pásma. Říkáme, že zrcadlo trpí *zonálními* (tj. soustřednostními) vadami. Poloměry jednotlivých zón jsou různé a mění se i skokem, naproti tomu v případech obrázků 6/I i 6/II je změna jen velmi pozvolná a hladká.



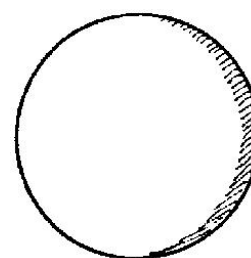
Obr.9

Dosažení přesné kulové plochy, vyhovující Foucaultově zkoušce, není nijak snadné a sotva se nám to za použití dostatečně malého otvoru podaří. Pro tento případ je tato zkouška přespříliš citlivá. I zrcadlo prakticky skvělé se pak může jevit jako nevyhovující. Přesně řečeno, plocha by měla být parabolická, tedy stín by měl mít tvar příbuzný obrázku 10. Při použitím otvoru půl milimetru bude velice slabý, takřka neznatelný. Výroba parabolického zrcadla je však obtížnější, my se proto u našeho počátečního zrcadla spokojíme s jeho kulovou plochou. Ta v našem případě, jak uvidíme ještě později, nám vskutku poskytne prakticky shodně dokonalé obrazy.

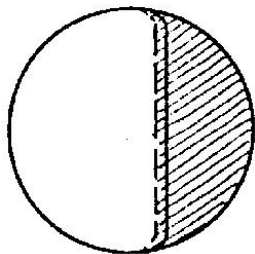


Obr.10

Jsou-li pozorované stíny velice slabé, potom je naše úloha skončena a zrcadlo je dosti dobré. Zvláštní pozornost zasluhuje *zleštění okrajů*, k němuž dochází za nedodržení podmínky dokonalého kontaktu zrcadla a smoly leštiče. Také je zapotřebí bedlivě dbát, aby vrstva smoly leštiče měla se zrcadlem shodný průměr. Jeho velikost může být nanejvýše menší o jeden či jedenapůl milimetru, než činí průměr zrcadla bez fasety. Větší miska způsobí zlešťování okrajů vždy. Pokud není okraj zrcadla zleštěn, pak při poloze ostří v takové poloze, kdy je zrcadlo právě zatemněné, vidíme okraj zrcadla jakoby jasný a úplný kruh. Je-li naopak okraj zleštěn, vidíme jen levý půlkruh. Posuneme-li ostří poněkud vpravo tak, aby se zrcadlo drobet prosvětlovalo, uvidíme úzké pásmo i levého okraje dřív osvětlené, kdežto stejně široké pásmo u pravého okraje již nabírá stín. Jasný levý okraj zrcadla způsobuje, že větší osvětlení i blízko okraje je hůře rozeznatelné, ba i to, že spolehlivěji vnímáme ztmavění úzkého okrajového

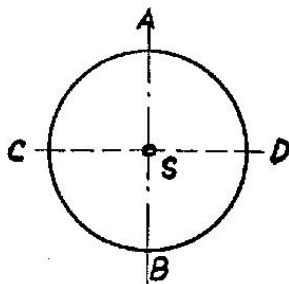


Obr.11



Obr.12

pásu vpravo. Posloužit může i další zkouška: ostří postavme do takové polohy před střed křivosti, že při posouvání právě ještě dobře vidíme postup stínu zprava doleva. Použijme menší otvor. Při zleštění okraji má zpočátku hranice stínu tvar úzkého srpku, jako na obr.č.11. Dalším posunutím se náš stín napřimuje, nicméně jeho konce se prohýbají do cípků jak to naznačuje obr. č.12. Pomocí zde uvedeného jevu je pak relativně snadné šířku zleštěného okraje přímo odhadovat. Při použití malého otvoru i silného osvětlení zpozorujeme při přechodu stínu těsně před ním souběžnou tmavou čáru, vzniklou ohybem světla. Zakřivení této čáry ukazuje zleštěné okraje líp nežli stín samotný, neboť za slabého osvětlení může úkaz stínu zaniknout i zcela.



Obr.13

Ještě nám zbývá pojednat o jedné důležité vadě, již je *osový astigmatismus*. Při takové vadě není zrcadlo přesně souměrné podle středu, jako při vadách ostatních. Tak závadné zrcadlo by například vzniklo, kdybychom je sice správně podepřeli v bodech A a B, avšak kolmo k průměru AB ne a ono by se v bodech C a D bortilo svou vahou ve směru pod rovinu papíru. Pak osový řez zrcadlem v CD je obloukem o menším zakřivení, tedy o větším poloměru křivosti, než oblouk AB. Podobná vada vzniká často chybným nalepením zrcadla k držadlu, pokud sklo je až příliš tenké. Což lze odhadnout i z obr.č.13. Ku příkladu, máme-li průměr dosedací plochy držadla šest centimetrů, můžeme je nalepit celou plochou, jen pokud je tloušťka skla alespoň patnáctimilimetrová. Nalepení musí být přesně centrické, jinak je, zvláště při leštění zrcadla lícem nahoru, reálné nebezpečí vzniku osového astigmatismu. Za leštění se zrcadlo zahřívá a držadlo se tím může sesunout k okraji. To si i kontrolujeme a opravujeme. Častěji k tomu ale dojde při strojové práci souvislým leštěním, např. údobím nepřerušovaného leštění, přesahujícím dvě hodiny.

Jak se při stínové Foucaultově zkoušce osový astigmatismus projeví? Za posunu ostří těsně před nebo za ohniskem, má přecházet přes zrcadlo stín rovnoběžný s ostřím, dle obrázku č.6/I a č.6/III. V případě osového astigmatismu přejde však stín k ostří ale šikmý. U zrcadel s osovým astigmatismem jsou dvě polohy správného procházení stínu. Pro klid duše je vždy třeba zrcadlo sledovat i podruhé, a to po jeho protočení zhruba o 45° .

Osový astigmatismus zjistíme snadněji dobrým okulárem, který v tom případě musí mít ohniskovou vzdálenost 10 až 12 mm. Pozorujeme nezakrytý obraz žárovky, přitom postačuje držet okulár v dobře opřené ruce. Zaostříme-li na obraz, uvidíme značně zvětšený povrch matované žárovky. Je v něm plno světelných bodů, jevících se při správném zrcadle jako malinké okrouhlé tečky. Vybereme si jasnější osamělou tečku, tvořící dobrou 'umělou hvězdu'. Posunujeme-li pomalu a málo okulár podél optické osy zrcadla dopředu a dozadu (asi o dva milimetry), rozšiřuje se světelný bod v malé mezikruží tvaru prstence. Při dokonalém kulovém zrcadle je jeho tvar stejný, ať jsme již okulár posunuli vpřed či vzad. Vyskytuje-li se osový astigmatismus, potom se hvězdička rozšiřuje při posunutí vpředu v čárku a při posunutí vzadu též v čárku, ale kolmou k první. Dalším posunutím rozšíří čárku v elipsu. Není-li kromě toho zrcadlo ani přesně kulové, pak tyto námi popisované tvary prstence i čárky jsou během posouvání v jednom směru mnohem výraznější a jasnější, než při posunu ve směru opačném. Tato zkouška okulárem je velmi citlivá a setkáme se s ní později při zkouškách hotového dalekohledu na hvězdách, i jinde. Použitý okulár musí být dobré kvality, bez mimoosových vad. Ty by se mohly, při pouhém držení v ruce, tj. při nedokonalém vycentrování, uplatňovat a výsledek pak nevhodně, až nepřístojně, ovlivňovat.

I.6. Korekce zrcadla.

Opravení, či korekce, všech vad kulového zrcadla, je vlastně velmi jednoduchou věcí. Podle všeho je tato skutečnost ale nedostatečně známá. Trpí-li již zrcadlo vadou vzniklou leštěním, taktéž by mělo být opravitelné, s výjimkou těžkých technologických prohřešků, opět jen leštěním. Veďme své úvahy takto:

Napřed si všimněme leštící misky. Má-li správnou tvrdost a je-li rovnoměrně jasně červená po použití ceresínu, popsaném výše, je použitelná i ke korekci. Postrádá-li správnou tvrdost, což se projeví nerovnoměrným zabarvením červení, vyrobme si misku novou. Potřeme ji po vyřezání kanálků stejně ceresínem a červení 1:10, zatěžeme ji a vše nechme půl hodinu v klidu. *Postup je pro všechny vady v zásadě stejný. Jen v případě, že zrcadlo má stín sféroidický, urychlíme značně naši korekci přeměnou sféroidu na tvar plochy sféry blízké, a to následujícím způsobem.* Za dokonalého kontaktu *leštíme zrcadlo lícem nahoru řídkou červení a pod mírným tlakem*, asi čtvrt hodinu. Po vychladnutí zhruba dvacetiminutovým je *pak vyzkoušíme*. Stín se nejspíše znevýrazní méně, nezmizí-li již vůbec, či nepřejde-li již v slabý stín opačného vidu. *Trvá-li však jeho vzhled dál, budeme nu-*

ceni po nějaký čas ještě pokračovat v leštění zrcadla lícem nahoru. Samozřejmě za pravidelného zkoušení. Až poté, kdy stín při tom zeslábl již výrazně, užijeme návod platný všeobecně pro všechny, tedy i pro odlišné, vady:

Zrcadlo leštíme lícem dolů řídkou červení 1:10, asi po dobu deseti minut. Poté přidejme trochu vody a leštíme dále. Současně snižujeme o něco tlak na zrcadlo. Takto pokračujeme za neustálého přidávání vody asi po jednu hodinu. Nakonec ředěním dojdeme ku skoro jen čisté vodě a k tlaku asi jen šest až deset gramů na centimetr čtvereční zrcadla. Zrcadlo mezi leštěním nezkoušíme. Celý proces je dobré totiž provádět bez přerušení. Po jeho završení zkoušíme až po čtvrt, či půl hodině, a nejspíše pak bude bezvadné, nebyly-li jeho vady ovšem neobvykle velké. Uvidíme-li nějaký stín, měl by být sotva znatelný. Nepodaří-li se nám oprava zrcadla, lze ji i zopakovat. Vady zrcadla vznikají hlavně jeho přehřátím za leštění, jímž se leštič i zrcadlo patřičně zdeformují. Samo zahřátí roste s tlakem. Zmenšuje-li jej postupně, spolu i s množstvím červeně, vývin tepla se znepatrňuje. Ke konci našeho přístupu teplo skoro už vymizelo, i zrcadlo nebude již znatelně teplé. Konečná fáze se tak vlastně velmi přibližuje spíše jemnému broušení, jež dává kulové ploše podmínky vzniku. Nejhrubší chyby se proto velmi rychle zmenšují již za počátečního stadia, kdy je nutné poskytnout velmi hustou červeně. Počali-li bychom totiž leštit ihned téměř samotnou vodou, trvalo by neúměrně dlouho, než by docházelo k obroušení vad. Pokud by červeně, vetklá do povrchu misky, na eliminaci nejhrubších odchylek vůbec stačila. Zde je nutno zdůraznit, že narozdíl od broušení skla, lze leštit je i bez leštící červeně, tedy jen pouhou vodou. A to proto, že máme dostatečnou červeně zachycenu v povrchu leštící misky. Úplně zrcadlo tímto způsobem doleštit by nešlo však vůbec, především pro velké technické potíže s tím spojené. Zrcadlo po nějaké době totiž počne spontánně zvyšovat svou přilnavost k leštiči, což účinná vrstva leštiče, již po tak dlouho mechanicky dosti exponovaná, není ve stavu déle snášet. Proto se musí za leštění přidávat jistá, aspoň minimální, porce červeně.

Právě uvedený způsob doporučuji k rutinnímu nacvičení všem, a za různých okolností, tedy i na zrcadlech různých průměrů a pro naprostou většinu vůbec možných vad. Ovládnutím uvedeného způsobu bude vážnému zájemci dána schopnost vytvoření jakýchkoli kulových ploch dokonalého provedení rutinně, tj. již téměř naslepo. Což se mu mimořádně vyplatí zvláště za zhotovování kulových ploch konvexních, u nichž, jak ještě uvidíme, není zkoušení již vůbec jednoduchou záležitostí. Třebaže popsáný způsob vypadá i zní jednoduše, nemusí se nám hned napoprvé zdařit. Je nezbytně potřebné získat repertoár svých vlastní zkušeností. Žádný jiný způsob, co do své účinnosti, nesnese totiž s právě uvedeným srovnání, ba ani nemá tu implicitní technologickou schopnost, vést vás k cíli tak rychle, ale hlavně přímočaře. A i o to rychleji, oč je prostší latentních pnutí skelného materiálu zrcadla a oč on má svůj dilatační koeficient nižší. Což veskrze nebude asi náš případ.

Při ručním leštění je téměř nemožné stále leštit po příliš dlouhou dobu. Je potřebné je přerušovat asi po patnácti až dvaceti minutách. Zrcadlo pak má cenu seriózně přezkoušet až po odpovídající době, nezbytně k úplnému vyrovnání teplot a pnutí, jež byla vzešla z leštění. Jen to dává oprávnění k vysledování dalšího efektivního postupu. Proto kdykoli leštění skončíme, či přerušíme, i jen za účelem zkoušení, je naší povinností nechat zrcadlo vychladat asi půlhodinu. To platí pro dvoucentimetrovou tloušťku skla, pro tlustší skla jde o doby vždy výrazně delší. Pro pokračování leštění zrcadlo vždy na nějakou dobu na leštiči zatěžujeme, kvůli obnově dokonalého kontaktu zrcadla s leštičem. Jak jsme již uvedli, i červeně musí být postupně stále řidší a řidší.

I.7. Materiál ke zhotovení větších zrcadel.

Především pojednáme o materiálu vhodném k výrobě větších zrcadel. I zde se zrcadlové sklo osvědčuje, pokud ovšem dostačuje tloušťka 4 cm. Zrcadlové sklo od této tloušťky se však již nevyrábí, i když by se tato mez dobře hodila i na zrcadla průměru okolo 30 cm. Zrcadlové sklo je totiž poměrně dobře chlazené a vykazuje i při tloušťce 4 cm poměrně malé zbytkové pnutí. Jaký je vůbec vliv zmíněného pnutí, jež přetrvává ve skle v důsledku špatného chlazení? Lze říci, že jakoukoli změnou, měnící geometrický tvar skla, se v něm existující zbytkové pnutí uvolňuje (tedy je-li v něm přítomné vůbec). To dodatečně ještě nadále mění jeho objemový tvar, a přirozeně tím mění i tvar povrchů bloku skla, z nichž zrcadlová plocha je ta zcela nejdůležitější a pro níž bychom si přáli, aby zůstala přesná a zcela neměnná. Rozřízneme-li je, dochází opět ke změnám povrchů bloku skla, a to následkem právě uvolňovaného pnutí. Takže zcela nepřípustné je např. dodatečné dobrušování již jednou vyhotoveného optického dílu, např. zadní stěny, či jeho okraje¹. Tím dobré zrcadlo jediné zkažíme. Připouštíme toliko jeho obroušení smírkem desetiminutovým, či zhotovení fasety:

Jedině tenká skla tloušťky do osmi milimetrů se při rozříznutí změní maximálně o $\lambda/4$, což je důležité pro zho-

¹ Je nutno zvážit, a autor to v textu občas zmiňuje, že tato partie uvažuje skla pocházející ze skláren spotřebního skla. Naopak, produkty skláren vyrábějících profesionálním optická skla buďto dbají na jejich správné chlazení a tím zbytková pnutí v nich jsou potlačena pod zanedbatelná minima, či dodávají skla křemenná i keramizovaná, a to s dilatačními koeficienty prakticky nulovými. Pozn.rev.

točování eliptických odrazných zrcátek pro Newtonovy reflektory. Ty se obvykle vyřezávají z kusu rovného skla. To ovšem platí jen pro velmi stará skla. Dnešní, tj. moderní poválečná zrcadlová skla, nebývají již ani zdaleka tak dobře chlazená a deformují se i při malé tloušťce 8 mm, zmíněné výše. Mé zkušenosti s kotouči z tabulového skla, tlustými 2 i více cm, jsou dobré. Lité kotouče, zhotovené některou z k tomu zařízených skláren, mají větší nou k vhodnosti daleko. Byť jen 2 cm vysoké, vykazují totiž i při běžném chlazení zbytková pnutí mnohem vyšších hodnot, než je tomu u stejně tlustých zrcadlových skel. Tím spíše to platí pro lité kotouče tlustší, pokud již přímo během výroby za vychladání ve sklárně samy nepraskly. V kapitole o zkoušení pnutí se o tom zmíníme podrobněji. Absolutně však není vhodné tzv. *kalené sklo*. Je výrobně záměrně rychle vychlazované a právě tímto trikem nabývá svou značnou pevnost, a jeho povrch i značnou tvrdost. Takové sklo lze poznat jen za zkoušení na vnitřní pnutí skla v polarizovaném světle, o ní pojednáme rovněž později¹. Nejlepší sklo je jemně chlazené a to může dodávat jen sklárna produkující optické sklo. *Další nepříjemný následek použití nedokonale chlazeného skla je pozvolná změna figury zrcadla v průběhu jen několika dnů. U zrcadel ze zrcadlového skla bývá tato změna symetrická a poměrně i malá. U litých kotoučů bývá již značná a v kotoučích tlustších 2 centimetrů někdy bývají dokonce i nesymetrické, tzn. způsobující neodstranitelné asymetrické vady v optické ose. Typicky se tu jedná o zvedání okrajů. To značí, že zrcadlo správně korigované se stane podkorigovaným, tedy u něj paprsky jdoucí od okrajových zón protnou na optické ose blíže k zrcadlu, než ty od vnitřních partií. Je-li zmíněná vada symetrická, značí jen případné zvýšení vlivu sférické (otvorové) vady, jež někdy nemusí mít ještě fatální následky. Nemá proto smysl přehánět přesnost při zhotovování zrcadel z nedokonale chlazeného materiálu. Výjimečně významná je dokonalost chlazení skel zrcadel rovinných, ale to uvedeme ještě později. Velmi přesné zrcadlo lze vyrobit jen z jemně vychlazeného skla o nepatrném zbytkovém pnutí, asi 5 až 10 nm/cm.*²

Chcete-li zhotovit větší zrcadlo, pak použijte dostupné zrcadlové sklo a průměry zrcadla omezte podle této vám dostupné tloušťky desky skla. Uvádím přibližný poměr výšky disku skla k průměru zrcadla. To neznamená, že by se z tenčího skla udělat zrcadlo nedala ještě větší. Ale u začátečníků právě zde začínají potíže. Níže uvádím proto příslušné tloušťky disků zrcadel s průměry vhodnými pro amatérské účely:

průměr zrcadla cm	tloušťka skla mm	průměr zrcadla cm	tloušťka skla mm	Průměr zrcadla cm	tloušťka skla mm
10	10	16	20	25	30
12	14	20	25	30	35 - 40

Tenké zrcadlo, není-li správně nalepeno, se leštěním prohýbá. Výsledkem toho je pak vznik astigmatické vady v optické ose. Příliš tlustá zrcadla jsou svou hlemýždí tepelnou přizpůsobivostí naopak nevhodná.

I.8. Zhotovení parabolického zrcadla.

Kulové zrcadlo vyhovuje roli objektivu jen v omezených mezích. Od správného objektivu požadujeme, aby promítl paprsky rovnoběžné s optickou osou do jediného bodu. Obvykle je ve větší míře též splněn požadavek, aby se rovnoběžné paprsky, skloněné k optické ose o malý úhel, protínaly taktéž v jediném bodě, a to k různým směrům v rozdílném. V kapitole o mimoosových vadách objektivů o tom ještě pojednáme.

U kulového zrcadla se paprsky rovnoběžné s optickou osou, a k ní blízké (tzv. paprsky *paraxiální*), protínají dále od zrcadla, než to činí paprsky blízké okrajů. Vzdálenost obou průsečíků MN (viz obrázek 8) nazýváme *sférickou, kulovou, či otvorovou vadou* zrcadla. O sférické či kulové vadě jde řeč jen u kulového zrcadla, kdežto jí odpovídající vadě složeného objektivu, či jiného než kulového zrcadla, více odpovídá název *otvorová vada, či aberace*. Označíme-li průměr zrcadla D a ohniskovou vzdálenost f , pak u sférické vady je

$$MN = D^2/(32f), \quad (\text{I.8.1})$$

$$\text{což rozepsáno dává} \quad MN = (D/f) \cdot (D/32) = A \cdot (D/32). \quad (\text{I.8.2})$$

Poměr $A=D/f$, tj. průměr objektivu dělený ohniskovou vzdáleností, zveme *světelností* zrcadla a obvykle ji vyjadřujeme zlomkem s jednotkovým čitatelem. Zrcadla světelnosti 1:10 (čili 1/10, či F:10) mají ohniskovou vzdá-

¹ Slibovaná partie nebyla v manuskriptu zahrnuta, provádění této zkoušky však není obtížné (viz např. V. a J. Erhartové: *Amatérské astronomické dalekohledy*, SNTL Praha 1989 (2.vyd.,str.44), či 1962 (1.vyd.,str.60)).Pozn.rev.

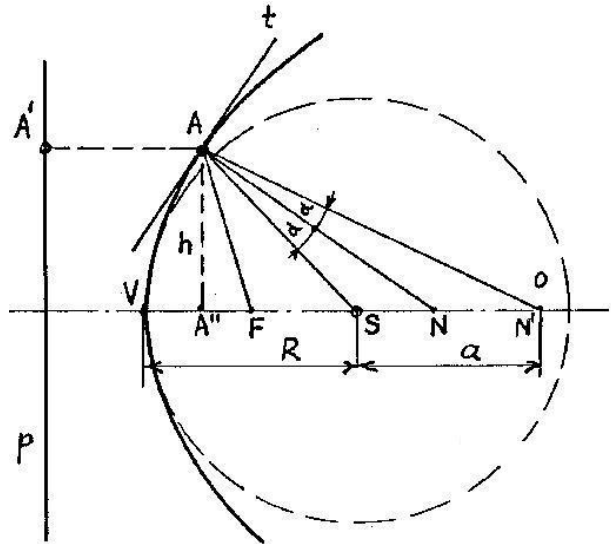
² nm (čti nanometr) značí jednotku 10^{-9} m. Prof. Gajdušek užívá dříve obvyklý μm , (mikrometr) tj. tisícinu mikronu, tu opustíme. Pozn.rev.

lenost desetinásobkem svých průměrů (jak jsme dřív již uvedli). Z vzorce (I.8.2) plyne fakt: *velikost sférické vady je přímo úměrná u stejných průměrů zrcadel jejich světelnosti, u shodných světelností pak průměru plochy.*

Není nutné, což vysvětlíme dále, aby pro objektiv se protínaly všechny paprsky přesně v jednom bodě. Zrcadlo může jistou dávkou sférické vady trpět, aniž by se tím jeho funkce, coby objektivu, znatelně zhoršila. Ona *přípustná* sférická vada zrcadla závisí jen na jeho světelnosti, nikoliv ale na jeho průměru. Proto srovnáním skutečné a povolené sférické vady daného kulového zrcadla poznáme, zda je vhodným objektivem dalekohledu či nikoli. Tak za světelnosti 1:10 může mít kulové zrcadlo průměr až 29 cm. Ve skutečnosti ale kulové zrcadlo, i o dvojnásobné sférické vadě, než je povolená mez, dává ostré obrazy. Svou méněcennost prokáže až svým zmenšováním rozlišovací schopnosti nekонтрастных detailů zobrazení, např. u planet. Blízké dvojhvězdy jím ale rozlišíme skvěle. Později k tomu dodáme víc.

Jedinou zrcadlovou plochou, odrážející všechny paprsky, jdoucí rovnoběžně s optickou osou, do jediného bodu, je plocha parabolického typu. Jde tu vlastně o povrch tělesa vzniklého rotací paraboly kolem své osy. Jen typ parabolického zrcadla je jediným typem, jenž, samou svou podstatou, otvorovou vadu nemá. Ač plocha zrcadla je povrchem rotačního paraboloidu, zrcadlo i tak zveme parabolické, a ne paraboloidické. Důvod je jasný: jeho řezem každou rovinou, jakkoli k optické ose rovnoběžnou (*meridiální i sagitální*), je parabola.

V zájmu plného pochopení je nutné zde seznámit se blíže s vlastnostmi paraboly, neboť vlastnosti paraboloidu, co rotační plochy z paraboly vzniklé, vyplývají z těch prvých. Parabolu lze definovat jako křivku, jejíž každý bod má shodnou vzdálenost od dané přímky p a daného *ohniska* F , chápaného jako bod. V obr.14 tak platí rovnost úseček $AA' = FA$. Narýsujeme kružnici o středu S , jehož vzdálenost je rovna dvojnásobné vzdálenosti ohniska od vrcholu, či *vertexu*, $VF = FS$. Taková kružnice se k parabole nejtěsněji přimyká, jde o tzv. *oskulační kružnici*. Přesně ji definovat bez užití diferenciálního počtu možné není. Uvedme ale intuitivní fakt, že tato kružnice má v bodě V stejné zakřivení s parabolou, tedy, že bod S je středem křivosti paraboly v jejím vrcholu V . Ten poloměr označme R . Kolmici k tečně křivky v daném bodě zveme normálou křivky v něm. Normála vedená z libovolného bodu A protíná osu paraboly v mu příslušném bodě N . Představíme-li si světelný zdroj v bodě S , pak paprsek dopadající např. do bodu A na parabole pod úhlem α , je odražen dle zákona o odrazu paprsků, též pod stejným úhlem α od normály v bodě A protne optickou osu v bodě N' . S dostatečnou přesností lze vzít vztah $SN' = 2 \cdot SN$. Je-li $h = AA'$ kolmice z A k optické ose, platí¹



Obr. 14

$$SN = h^2 / (2R), \quad (\text{I.8.3})$$

a z předchozího přiblížení je

$$SN' = h^2 / R, \quad (\text{I.8.4})$$

neboť ve skutečnosti je jako zrcadlo použitelná jen malá část paraboloidu. Tedy hodnota h bývá obvykle dosti malá oproti VF (tj. poloměr plochy zrcadla je velmi malý oproti ohniskové vzdálenosti) a proto platnost uvedených vztahů je ve své přiblíženosti zajištěna dostatečně přesně. Úsečku SN' zveme *podélnou zonální* (dál jen *zonální* aberací, či jen *abrací*) pro paprsek, vycházející ze středu křivosti zrcadla a dopadající na jeho zónu h . U kulového zrcadla jsou tyto aberace rovny nule. Zónou zrcadla o poloměru h přitom míníme úzké mezikruží plochy zrcadla o středním poloměru h . Při výpočtech bereme šířku zóny nulovou, avšak při měřeních musíme brát jistou minimální šířku do úvahy vždy.

Nyní se jedná o to, jak parabolické zrcadlo sestrojíme a jak poznáme, zda má správnou formu. Srovnáme-li parabolu s oskulační kružnicí pozorujeme, že parabola leží vně této kružnice a že se rostoucími větviemi své křivky

¹ z vrcholové rovnice paraboly $x = 2Ry^2$ a z přesné rovnosti $SN = (VA') \cdot e^2$, v níž pro parabolu platí $e=1$. Pozn.rev.

stále výrazněji od ní odchyluje. Z toho vyplývá i intuitivní způsob přeměny kulového zrcadla v parabolické: postupným snižováním plochy zrcadla ve směru k jeho okraji. Ke korektnějšímu výsledku vede úvaha o změně plochy kulového zrcadla podle obrázku číslo 8 tak, aby po ní již nemělo otvorovou vadu. Paprsky okrajové se protínají blíže než paprsky paraxiální. Kdybychom proto zploštili příslušné okrajové partie zrcadla, a tím vlastně zmenšili úhel normály k dopadajícímu paprsku, mohli bychom i docílit toho, že se všechny původně rovnoběžné paprsky protnou ve stejném bodě. Pro různé potíže jde o postup v praxi nepoužívaný. Obrázek nabízí však další, obrácený způsob parabolizace. Prohloubíme-li totiž naopak střed zrcadla, zvětší se tím zakřivení této části a můžeme docílit průchod paraxiálních i marginálních paprsků stejným bodem. Nabízí nám tím tu nejsnazší metodu parabolizace.

Při parabolizaci kulového zrcadla se tedy vždy jedná o odstranění trošky skla. Zajímavé je přitom vědět, o jak tlustou vrstvu skla se asi jedná. Za předpokladu tímto procesem nedotčeného okraje zrcadla, je hloubka parabolizace uprostřed zrcadla rovna přibližně rozdílu mezi paraboloidem a oskulační koulí, ve vzdálenosti polo-měru zrcadla r , pro nějž platí:

$$\delta = (r/64) \cdot (r/f)^3 . \quad (I.8.5)$$

Tento rozdíl je u běžných astronomických zrcadel zcela nepatrný a činí nejvýše několik málo tisícín milimetru. Po provedení parabolizace bude ale ohnisková vzdálenost vždy menší, než byla paraxiální ohnisková vzdálenost původního kulového zrcadla. S tímto zmenšením, i když relativně malým a přirozeně nemajícím valný význam, je však, v každém případě, jistě lepší počítat.

I.9. Zkouška parabolického zrcadla ve středu křivosti.

Především si musíme všimnout rozdílu mezi aberacemi v ohnisku a aberacemi ve středu křivosti. Parabolické zrcadlo žádné zonální aberace v ohnisku nemá, neboť všechny paraxiální paprsky jsou prakticky rovnoběžné s optickou osou. Proto přicházejí ze značných vzdáleností a tudíž se promítají přesně do ohniska. Toto zrcadlo se ale vyznačuje aberacemi pro paprsky vycházející ze středu křivosti, či z kteréhokoli jiného bodu. Kulové zrcadlo má naopak zonální sférickou aberaci v ohnisku pro paprsky přicházející z velké vzdálenosti, nemá však zonální aberace pro paprsky vycházející ze středu křivosti. Proto parabolické zrcadlo, u nějž se paprsky vycházející ze středu křivosti, nedokáží protnout po svém odrazu v jediném bodě, nepohasíná současně při Foucaultově zkoušce, neboť není toho schopno. Musí vykazovat tak vždy nějakou konfiguraci stínů, když v těchto případech se jeho paprsky paraxiální zákonitě protínají blíže zrcadlu, než to činí paprsky od okrajů (marginální).

Tvar stínu bude vždy záviset na místě, v němž se břit nože nachází. Umístíme-li ostří nože asi doprostřed mezi průsečíky paprsků paraxiálních a okrajových, bude náš stín vyhlížet podobně jako na obrázku č.10. Světelný zdroj umístíme, jako vždy, od nože nalevo. Nejde však o vzhled stínu, jenž by byl charakteristický jen pro parabolické zrcadlo. Stejným vzhledem stínu se projevuje každá pravidelná dutá rotační plocha, u níž se paraxiální paprsky protínají blíže k zrcadlu než paprsky okrajové. Oněmi plochami jsou například rotační elipsoid vejčitý, vzniklý rotací elipsy podle její velké osy, i hyperboloid tvořený rotující hyperbolou kolem své hlavní osy. Pouze hloubka jejich stínů má tendenci za stejných podmínek, tj. u různých typů zrcadel se shodnými průměry ploch D a se stejnými ohniskovými vzdálenostmi f , projevovat se různě. Hloubka stínu tak zřejmě závisí na hodnotě podélné vzdálenosti mezi průsečíkem paprsků paraxiálních a průsečíkem paprsků marginálních. Ta sama je rostoucí funkcí během přechodu od elipsoidu k výraznému hyperboloidu.

Je důležité rovněž vědět, že i když pro zadané D a f existuje nekonečně mnoho elipsoidů i hyperboloidů, paraboloid je pouze jeden jediný, stejně jako sféra je jen jediná. Některé aparatury na stínovou Foucaultovu zkoušku jsou konstruovány tak, že světelný zdroj se pohybuje současně s ostřím. V tom případě si musíme být vědomi toho, že příslušné aberace budou mít jen poloviční hodnoty. Zdroj světla i samo ostří se nachází v průsečíku normály s osou. My vždy předpokládáme první případ, v němž platí uvedený vzorec (I.8.4) dosti přesně i pro velké průměry a velkou světelnost. U něj je provedení přístroje i manipulace s ním snadnější, nezmenšená aberace se rovněž měří lépe. Jako poloměr zóny bereme průměr vnitřního a vnějšího poloměru zóny, tj. h_1 a h_2

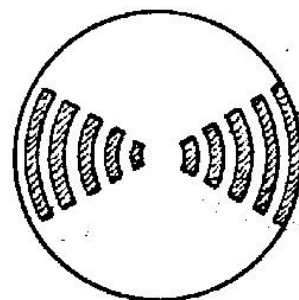
$$h = (h_1 + h_2) / 2 . \quad (I.9.1)$$

Couder uvádí vzorec

$$h = \sqrt{h_1^2 + h_2^2} / 2 . \quad (\text{I.9.2})$$

Oba vzorce se stanovením výšky zóny h skoro neliší. Pomocí vzorce (I.8.4) získáme aberaci libovolné zóny zrcadla. To bude parabolické tehdy, budou-li souhlasit hodnoty všech změřených aberací s vypočtenými.

Jak ale měříme prakticky aberace jednotlivých zón? Tak předně: pro menší a méně světelná zrcadla stačí změření aberací jen několika zón a jejich porovnání s aberacemi vypočtenými. Z kreslicího papíru vystříhneme kotouč o průměru našeho skutečného disku se zrcadlovou plochou, i s fasetou. Pak vyřízneme žiletkou okénka jednotlivých zón, a to vždy přesně symetricky vůči středu zrcadla, jedno okénko napravo a jedno nalevo pro každou uvažovanou zónu, a to vždy přesně stejně široké. Minimální šířka okének se rovná jedné vzdálenosti nože od zrcadla dělené třemi sty. Tak například pro Foucaultovu zkoušku ve středu křivosti zrcadla s ohniskovou vzdáleností jeden metr bude šířka okének 2000/300 mm, tedy asi 7 milimetrů. Začátečnickovi jsou příjemnější širší okénka (tj. 1/250 až 1/200 vzdálenosti nože). Názorně jsem to nakreslil do obrázku č.15. Zóny blízko středu mohou být širší bez újmy přesnosti měření. Např. u obvodu děláme poloviční šířky okénka, blízko středu zrcadla již šířku okénka, či o trochu víc. Okénko nejbližší středu uděláme tak, že jeho vnitřní poloměr se bude rovnat zhruba asi tak malé poloose odrazného zrcátka. Kdo chce mít přesné zrcadlo, nechť si raději udělá okének více než méně. To je zvláště zapotřebí pro zrcadla velká a již světelnější, kdy mezery mezi okénky děláme blízko okraje menší než u středu. V případě menších světelností (například u světelnosti 1:8) nemusíme ale být až tak přísní. Pro velká nebo velice světelná zrcadla vyrobíme okénka tak, aby zabírala celou plochu zrcadla. Vnitřní poloměr daného okénka se rovná vnějšímu poloměru následujícího okénka. Přitom šířka okének může být ke středu větší. Začátečnickům to nebývá příjemné. Měření tohoto druhu bývají velmi obtížná a proto i namáhavá.



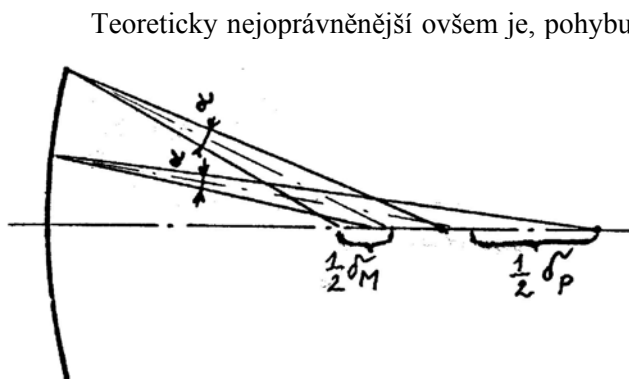
Obr.15

Při měření zonálních aberací nám již dříve popsané zařízení nebude plně dostačovat. Ostří nože již musí být posouvateľné podél optické osy šroubem s jednomilimetrovou výškou závitů. Pomocí měřítka s nóniem se dá určit poloha ostří spolehlivě na jednu desetinu milimetru, což nám prakticky postačí. Pohyb kolmý na optickou osu musí být dosti tuhý, má být velmi stabilní. Velkým přínosem je užití šterbiny v roli světelného zdroje, namísto předtím pouhého otvoru v trubce. Osvětlení šterbinou je mnohokrát jasnější, než pouhým otvorem stejného průměru. Umožňuje to vyrobit šterbiny o dost užší. Tím se i zvětšuje citlivost zařízení, jako celku. Sám používám šterbinu o šířce 0,15 mm a výšce 4 mm. Ta mi dává oproti pouhému otvoru s průměrem 0,15 mm osvětlení až 27-násobné. Práce se šterbinou je oproti pouhému kruhovému otvoru choulostivější a ten kdo dosud pracoval jen s otvorem, musí si na práci se šterbinou přivykat. Jak jsem již uvedl dříve, vždy usilujeme o to, aby obraz šterbiny byl přesně ve stejné výši jako je ona sama a aby ostří nože navíc bylo zcela přesně rovnoběžné s obrazem šterbiny. Jinak by naše získaná měření mohla být až nepříjemně pochybená. Nastavení zrcadla i břitů kontrolujeme opakovaně, nejlépe lupou 3x až 5x zvětšující, a to vždy v počátku nové série měření.

Žárovka má být co nejbližší šterbině a rovnoměrnost osvětlení šterbiny lze vylepšit střípkem mléčného skla, umístěným mezi šterbinu a žárovku. Můžeme tam ale vložit i proužek tenkého papíru, nasáklého olejem. Intenzita osvětlení bude i přesto dostačující. Užívání šterbiny nás již nenutí úzkostlivě usilovat o zatemnění naší místnosti v jeho plné dokonalosti.

Po justáži celého zařízení přikryjeme zrcadlo papírovou maskou s okénky a počneme měřit. Začínáme ale okrajovou a tedy nikoli střední clonou. Tu označíme číslem I. Při poloze nože dostatečně vpravo uvidíme všechna okénka jasně osvětlená. Pohneme-li ostřím jemně dostatečně vlevo, některá okénka pohasnou a jiná zůstanou osvětlená. Snažíme se nastavit ostří pohybem rovnoběžným s optickou osou tak, aby okénka zóny I, symetrická v pravé i levé části masky, podle osy procházející středem zrcadla, a rovnoběžné s ostřím, se při pohybu nože kolmém na osu symetrie zdroje světla a obrazu, současně rozesvětlovala i zhasela. V okamžiku současného zhasení, či téměř zhasení, vidíme v důsledku ohybu světla olemování příslušných okének více či méně jasnou čarou. Není-li tento ohybový obrys okének stejně intenzivní u obou, může to poněkud i vadit při našem měření. Při správném nastavení se počnou obě okénka rovnoměrně zatmívat, než zhasnou zcela, přitom intenzita osvětlení v obou okénkách zůstane vždy táž. Intenzita osvětlení se však dá srovnávat jen obtížně. Snad nejlepší způsob je vycházet ze stavu zhasnutých okének a pomalým pohybem nože způsobovat jejich pomalé rozsvěcení.

Dosáhneme-li v počátku současné rozsvěcení obou okének, či jsou-li obě sotva znatelně osvětlená, pak určené postavení nože, platné pro tuto zónu, bude správné. Začne-li se osvětlovat nejdříve levé okénko, pak je třeba nůž posunout směrem od zrcadla otáčením šroubu ve směru hodinových ručiček a naopak. Po dostatečné praxi lze měření provádět rychle a přitom i vhodně uplatňovat rychlý příčný pohyb nože náklonným šroubem. Při malých pohybech, řádově ve zlomcích milimetru, zůstává při něm ostří ještě dostatečně přesně rovnoběžné se štěrbinou. O tom se můžeme ujistit i přibližným výpočtem. Ostří napřed přirozeně nastavujeme rukou a až potom využíváme jemných pohybů šrouby. Jinou otázkou je posouzení vlivu ustavení světelného zdroje. Výpočet ukazuje, že i pro dosti velká zrcadla je jeho ustavení několik milimetrů před či za jejich středem křivosti přípustné a znatelněji neovlivňuje přesnost měření. U zrcadla jiného než kulového nemůžeme dosti dobře hovořit o jeho středu křivosti, neboť u něj má každá ze zón svůj takový, avšak zónově individuální, tj. rozdílný, střed. Dá se tudíž hovořit o středu křivosti střední partie zrcadla, či určitých zón. U velkých světelných zrcadel umísťujeme světelný zdroj nejlépe do středu křivosti vnější zóny. Případné malé rozdíly by se pak vykazaly až na středních zónách zrcadla, jež k výkonu zrcadla přispívají již malou plochou. Např. zrcadlo průměru 65 centimetrů, o ohniskové vzdálenosti 234 centimetrů mělo chyby, z toho ustavení světelného zdroje vzešlé, již jen nicotné.



Obr.16

Teoreticky nejoprávněnější ovšem je, pohybuje-li se světelný zdroj s břitem nože zcela společně, neboť chyby právě zmíněného druhu za takové konfigurace měřicího přístroje vůbec vznikat ani nemohou. Nicméně jak štěrbina, tak i ostří, musí být v téže rovině, jež musí být navíc kolmá k optické ose, a proto i shodně vzdálená od zrcadla. V tomto případě jsou ale hodnoty podélných zonálních aberací jen poloviční: $x = h^2/(2 \cdot R)$ a štěrbina i ostří se nacházejí v průsečíku normály. Přesnost měření zonálních aberací je proto u okrajových zón největší a zmenšuje se ve směru ke středu. Avšak rovněž případné chyby ve středních partiích zrcadla mají na celkovou kvalitu zobrazení i mnohem menší vliv než ty, jež se nacházejí až u okraje zrcadla. Je tomu tak hlavně proto, že

Máme-li dobré měřítko s noniem, přesné na jednu desetinu milimetru, postačí nám i na velká i dost světelná zrcadla. Měříme vždy dvakrát, při značném neshodě i vícekrát. *Ale vždy až po dostatečném vychladnutí zrcadla. Doba potřebná k takovému vychladnutí zrcadla, po předchozím leštění, závisí jak na délce předchozí práce, tak na hustotě červeně. Těmito faktory se toto zrcadlo totiž rozehrálo. Doba vychladnutí pak závisí i na tloušťce a na složení a kvalitě materiálu skleněného kotouče. Průměrná doba pro sklo dvoucentimetrové tloušťky je kolem půl hodiny, pro čtyři centimetry jsou to již dvě hodiny a při výšce disku osm až deset centimetrů pak šest až osm hodin. Čekat, asi po polovinu dob uvedených, se musí i po zcela krátkém leštění, příkladně jen pětiminutovém, k němuž často dochází až během retušování zrcadla. Nejlepším ukazatelem vychladnutí disku je po jistém zlomku doby zopakovaná zkouška. Až když z ní vyplynou po sobě dvakrát tytéž shodné hodnoty lze soudit, že zrcadlo je již dostatečně vychladlé a že naměřené hodnoty jsou reálné. Dostává se k tomu proměřování krajní a prostřední zóny.* Měříme-li naopak zrcadlo ihned po sejmutí, získáme až násobně větší aberace oproti vychlazenému stavu. Krajová zóna pak 'utíká k zrcadlu', při čemž aberace okrajové zóny dokonce i 'zezáporní'.

Zrcadlo se zápornější zonální aberací, než bez ní, nazýváme *podkorigovaným*, v opačném případě pak *překorigovaným*. Tak například kulové zrcadlo, užitě za objektiv, je typicky podkorigované. Chladne-li správně korigované parabolické zrcadlo buď tím, že bylo předem ohřáté, či přenesené do chladnější místnosti, stává se překorigovaným po tak dlouhou dobu, než se jeho teplota nevyrovná zcela s teplotou okolního prostředí. Přenesením zrcadla do tepla, či svým ohříváním se, je naopak zrcadlo co do svého stavu podkorigované až po okamžik svého teplotního vyrovnání. Jde o tzv. efekt okraje, kdy okrajová partie je přístupná teplotním změnám do hloubky výrazně rychleji než je tomu u vnitřnějších zón, jejichž vyrovnávání teplot do hloubek je nízkou tepelnou vodivostí skla výrazně zpomalené (ovšem není-li dilatační koeficient jejich materiálu bezvýznamný). To se stává velmi důležité nejen za případného proměřování zrcadla, ale především při praktickém využívání zrcadla venku, pod oblohou, tedy za neustále proměnlivých teplot. O tom pojednáme více na příslušném místě, avšak až po uvedení návodů praktického provádění parabolizace zrcadla.

I.10. Parabolizace dlouhými tahy.

Tento způsob parabolizace je použitelný jen pro zrcadla malá a málo světelná. Vychází se při tom z kulového zrcadla. To leštíme různě dlouhými tahy, s délkou posunu v rozmezí mezi třetinou a polovinou poloměru zrcadla, jež však nesmí nikdy dosáhnout okraj leštiče, či být mu „až moc“ blízko. Leštíme velmi řídkou červení. Uprostřed zrcadla se pak velmi často utvoří, namísto pravidelného paraboloidu, ostře ohraničená dolina. Jako vždy, i při tomto způsobu je důležitý dobrý kontakt zrcadla s leštičem. Principiálně nelze tímto typem parabolizace ovládat cíleně vývoj figury zrcadla, proto se jím v dalším zabývat nebudeme.

I.11. Parabolizace přepisem.

Jde o nejobvyklejší způsob parabolizace, použitelný na dosti velká, i světlá, zrcadla s jejich průměry o hodnotách okolo 16 cm do světelnosti 1:4 a kolem 20 cm do hodnoty 1:5. Asi u 30 cm však jen do světelnosti 1:8. Leštič se při něm otáčí jako obvykle pomalu a zrcadlem se za co nejrovnoměrnějšího jeho protáčení pohybuje tak, aby konalo tahy přímé, a to o délce asi jedné třetiny poloměru zrcadla a zásadně mimo střed leštiče. Počínáme jej běžně tak, že nám zrcadlo přechází o jeden centimetr přes miskou a po dokončení celé obrátky, což kontrolujeme nalepenou značkou na obvodu zrcadla, posuneme zrcadlo o jeden centimetr dále a tak stále pokračujeme, až do záměrně vhodné vzdálenosti od středu. Délka tahů je stále uvedena asi jedna třetina poloměru, přitom dochází k systematickému prohlubování zrcadla. Tento postup totiž zvětšuje směrem ke středu zrcadla tlak, vyvíjený na jeho příslušnou zónu. Střed zrcadla však nikdy nesmí jít přímo přes obvod leštiče, neboť tím by se vyvíjela ve středu zrcadla hluboká dolina, odstranitelná jen za cenu extrémně dlouhého leštění. Až za přiblížení se ke středu zrcadla, asi tak k jedné čtvrtině poloměru, je vhodnější vykonávat malé kruhové tahy tak, aby se tyto kruhy dotýkaly středu zrcadla jen svou úvratí. Přitom zrcadlo zvolna protáčíme o 360°. Délku převisu není nutné měřit, vystačíme si s pouhým odhadem. Lešticí červeň musí být velmi řídká. Parabolizace tímto způsobem má oním trendem postupovat zvolna, aby proces měl možnost vyrovnávat se s nejružnějšími chybami samovolně, jakož i zachovat absenci jakýchkoli rýh, jež by se jinak, např. aplikací hustší červeně, při tomto způsobu mohly velmi lehce tvořit. Zrcadlo je nutné zkoušet přeměřováním často. Vycházejme přitom vždy z kulového, nebo z jen slabě sféroidického zrcadla. Vyvinul-li se na něm přes jen pravidelný 'hyperbolický stín', aniž korekce dosáhla hodnoty paraboloidu, lze parabolizaci dokončovat metodou převisu.

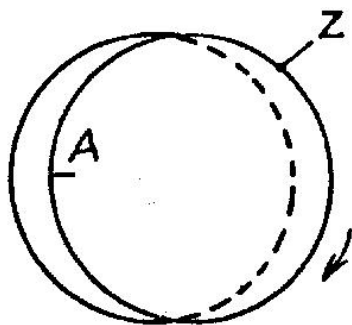
Způsob pokračování odvozujeme ze srovnávání naměřených zonálních aberací s platnou tabulkou předem vypočtených zonálních aberací paraboloidu. Při parabolizaci přepisem máme možnost ovlivňovat určitou zónu zrcadla a dosáhnout tak vzniku parabolického zrcadla velmi dokonalého. Styl našeho počínání si předvedeme následujícím příkladem. Vypočteme si zonální aberace pro parabolické zrcadlo průměru dvaceti centimetrů, světelnosti 1:7,5, tedy s ohniskem rovným metr a půl. Přitom užíváme tyto symboly:

h - poloměr zóny a - zonální aberace ve středu křivosti, odpovídající paraboloidu
 R - poloměr křivosti 300cm δ - difference sousední zonální aberace
 f - ohnisková vzdálenost zrcadla ($f = R/2$, tj. 150 centimetrů) .

Výhodné, avšak nikoli povinné, bývá volit poloměry zón tak, aby se rozdíly aberací mezi sebou rovnaly, jak je to vidět u následujícího případu. Zadáním zmenšujeme aberace o 0,8 milimetru. Příslušné poloměry zón h vypočítáváme ze vzorce $h = \sqrt{a \cdot R}$, kde a je hodnota aberace a R je poloměr křivosti zrcadla. Šíře okének je 10 až 11 mm. Pro takto stanovenou hodnotu zóny se lépe kontroluje souhlas měřené hodnoty s vypočtenou.

zóna č.	h výška zóny [mm]	$a = h^2/3000$ [mm]	δ [mm]
I	95,0	3,0	I - II = 0,8
II	81,3	2,2	II - III = 0,8
III	64,8	1,4	III - IV = 0,8
IV	42,4	0,6	IV - V = 0,4
V	24,5	0,2	-

Nejvnitřnější zónu volíme vnitřním průměrem rovným malé ose odrazného zrcátka, či menší. Výhodná je volba poloměrů zón, pro něž je difference jejich sousedek udána v celých desetínách mm, tedy 0,8 místo 0,84.



Obr.17

Vycházíme ze zrcadla téměř kulového, prostého znatelných zón. Zrcadlo posuneme napravo o jeden centimetr a na jeho obvodu si na něm vlevo uděláme značku (A) tužkou na sklo podle obrázku 17. Potom konáme přímé krátké tahy, přitom současně zrcadlem v ruce rovnoměrně otáčíme do směru označeného šipkou dotud, pokud se značka A neobjeví ve své původní poloze. Následuje vysunutí zrcadla o další centimetr, se shodným pokračováním. Tak vysunujeme opakovaně zrcadlo s každým jeho protočením, vždy o 1 cm potud, pokud se jeho střed nesnese až na vzdálenost 7 cm od obvodu. To nám ještě zbudou tři centimetry do středu zrcadla. A v té vzdálenosti užijeme kruhové tahy aby se jen svými úvratěmi znovu dotýkaly už naznačeným způsobem středu leštiče zrcadla. Pak je leštíme krátkými tahy přes jeho střed asi po jednu až dvě minuty.

Celý postup tak opakujeme vícekrát a asi po dvaceti minutách práce dílo necháme vychladnout, asi tak na půl hodinu, k odpovědnému jeho přezkoušení.

Výsledek závisí na hustotě lešticí červeně, na použitém tlaku, na vlastnostech smoly leštiče a tak podobně. Při dodržení správnosti popsaného postupu bývá stín plynulý a bez náhlých změn charakteru plochy, tj. bez tak zvaných zón. Pokud naše zkouška měřením ukázala následující difference mezi clonami

I-II	0,3mm	III-IV	0,5 mm
II-III	0,4mm	IV-V	0,2 mm

můžeme usoudit, že se zrcadlo rychleji prohlubuje směrem ke středu než bychom si to přáli. Bude proto nezbytné leštit vnější části více. Zrcadlo proto natřeme suspenzí lešticí červeně, zatížíme je a necháme v klidu asi po deset až patnáct minut kvůli dosažení dokonalého kontaktu mezi leštičem a zrcadlem. K zatížení poslouží již zmíněná závaží ze železného plechu jeden centimetr tlustého a s otvory pro nalepené držadlo. Vhodné je mít jich několik lehčích. Následuje postup: Leštíme převísem v následujících vzdálenostech od středu

9	8	7	6	5	4	3 (kruhové tahy)
9	8	7	6	5	4	
9	8	7	6	5		
9	8	7	6			
9	8	7				
9	8					

a závěrem jednu až dvě minuty přímými tahy přes střed.

Po vychladnutí získáme například takovýto výsledek měření:

I-II	0,6mm	III-IV	0,5 mm
II-III	0,6mm	IV-V	0,3 mm

Zrcadlo se počalo prohlubovat rovnoměrně. Difference 0,1 milimetru, a ve středu snad ještě větší, jsou v našem případě nevýznamné. Postupujme proto jako předtím a po skončení tohoto kroku opět změřme. Je samozřejmé, že sejmuli-li jsme zrcadlo na více než na jednu minutu, zatížíme je na kratší či delší dobu tak, abychom opět dosáhli dokonalý kontakt. Metodicky nejsprávnější je zatížení ke konci zvolna zmenšovat, až do stavu normálního zatížení. Do protokolu zapisujeme způsob i dobu leštění. Tak budeme schopni přibližně odhadovat dobu i způsob leštění v konečné fázi a zrcadlo nejpravděpodobněji ani nepřekorigujeme. Výsledek dalšího leštění necht' je

I-II	0,8mm	III-IV	0,7 mm
II-III	0,8mm	IV-V	0,5 mm

S tímto výsledkem již můžeme být spokojeni, jde již vskutku o výborné zrcadlo. O přesnosti parabolizování pojednáváme v jiné kapitole. Tato ukázka měla sloužit hlavně k pochopení metody parabolizace převísem. Touží-li někdo tuto metodu rutinně dobře ovládnout, musí vyhotovit, samozřejmě, mnoho dobrých zrcadel. Nejlépe soustavně se zvětšujících průměrů, i stále světlejších. Výše jsme uvedli, že použitelnost této metody je značně zúžená. Většinu chyb při ní je nutné připsat na konto ztrát dokonalého kontaktu leštiče, neboť jeho dodržení reprezentuje nejzákladnější neodmyslitelný předpoklad predikce dosažitelnosti těch nejobtížnějších astrooptických met.

I.12. Parabolizace převisem k leštiči, menšímu než je zrcadlo.

Pokud je zamýšlená světelnost budoucího zrcadla větší než to, jež předchozí metoda ještě připustila, bude teď uváděný způsob nezbytný. Bez něj se navíc v žádném případě neobejdeme při zhotovování větších parabolických zrcadel, tedy těch, jejichž průměry činí více než čtyřicet centimetrů. Tak velká zrcadla budou kromě toho muset ležet zhotovovaným povrchem zásadně směrem vzhůru, tj. dole, na zádech. Nelze s nimi proto pracovat obvyklým způsobem, jak tomu na těchto stránkách tradičně až dosud bylo, tj. lícem dolů. Nejdříve uvedeme parabolizaci zrcadel do průměru 30 centimetrů se světelnostmi lepšími než 1:8. Zrcadlo průměru 30 centimetrů vybrusíme a vyleštíme obvyklým způsobem na leštiči téže velikosti jakou má zrcadlo. Po jeho vyleštění, kdy se již jeví zhruba kulové - tedy bez zón, zmenšíme leštič na průměr 25 centimetrů a přitom dbejme, aby zmenšený leštič byl s osou otáčení přesně centrický. I zrcadlo musí být nalepené zcela přesně soustředně a to na podložce průměru deset až dvanáct centimetrů, ne však více. To platí jak během broušení, tak i za leštění.

Zmiňovaný způsob parabolizace je dostupný pouze těm, kteří již dostatečně ovládli metodu převisu. Z toho důvodu mohu návod zestručnit. Zhotovme si clonu (masku) opatřenou tak rozmístěnými okénky, aby zpřístupňovaly možnost měření po celé ploše. Ukažme to na praktickém příkladu, jímž popisujeme postup parabolizace zrcadla o průměru třiceti centimetrů s ohniskovou vzdáleností stopadesát centimetrů.

zóna č.	výška zóny [mm]	$a=h^2/3000$ [mm]	δ [mm]
I	143	6,8	I - II = 0,9
II	133	5,9	II - III = 0,9
III	123	5,0	III - IV = 0,8
IV	113	4,25	IV - V = 0,75
V	103	3,5	V - VI = 0,6
VI	93	2,9	VI - VII = 0,6
VII	83	2,3	VII - VIII = 0,5
VIII	73	1,8	VIII - IX = 0,5
IX	63	1,3	IX - X = 0,4
X	53	0,9	X - XI = 0,3
XI	43	0,6	-

Šířka okének je všude shodná, jen poslední dvě jsou menší. Parabolizuje se leštičem průměru 25 cm, zrcadlo je umístěno nahoře. Tahy jsou pět centimetrů dlouhé, do obou stran, zatížení je asi 4 kg, základní postavení: zrcadlo a leštič jako soustředné - značíme 0. Postavení zrcadla o 1 cm dále napravo značíme jako 1, posunuté o 2 cm popisujeme jako 2 a tak podobně. Zrcadlo leštíme úplně stejně jako v předešlém případě při postaveních podle schematické zkratky:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	jednou dokola, pak
0	1	2	3	4	5	6	7	8		
0	1	2	3	4	5	6	7			
0	1	2	3	4	5	6				
0	1	2	3	4	5					
0	1	2	3	4						
0	1	2	3							
0	1	2								
0	1									
0	1									
0										

Původní stav byl:

I - II	0,1 mm	VI - VII	0,2 mm
II - III	0,15 mm	VII - VIII	0 mm
III - IV	0 mm	VIII - IX	0 mm
IV - V	0,1 mm	IX - X	0 mm
V - VI	0 mm	X - XI	0 mm

Tímto způsobem pokračujeme dále a vždy po práci, trvající 40 minut až 3/4 hodiny, zrcadlo proměříme. Pokud se difference ukáží být větší pro střední partie, leštili jsme je méně¹, a naopak. Vnější partie se prohlubují zpravidla dost pravidelně. Pokud je potřeba některé vnější zóny prohloubit, musíme přitlačit během průchodu dotýčnými zónami nad levým okrajem leštiče na levý okraj zrcadla. Ke konci je účelnější dělat difference I - II, I - III, I - IV V případě mého postupu jsem v konečném stavu naměřil:

I - II	1 mm	VI - VII	0,6 mm
II - III	0,9 mm	VII - VIII	0,6 mm
III - IV	0,8 mm	VIII - IX	0,6 mm
IV - V	0,7 mm	IX - X	0,4 mm
V - VI	0,7 mm	X - XI	0,2 mm

I toto zrcadlo je velmi dobré jakosti. Celou práci jsem v mém případě prováděl brousícím strojem. Je však zcela možné dobře ji provést i bez něj, tedy ručně. Nejdůležitější ze všeho je však: mít zcela jasno, která ze zón zrcadla se reálně nachází při vysunutí zrcadla, o určitý počet centimetrů mimo střed, právě nad obvodem leštiče a též jak najít způsob alespoň přibližného změření tohoto vysunutí. U menších zrcadel se to dá odhadnout dosti přesně, ba časem lze i patřičný cvik v tom dosáhnout. Menší difference nebývají na závadu, neboť se vyrovnávají v průběhu leštění. Nelze však nesouhlasit, že brousící stroj je již při provádění takové práce stává pomocníkem arcit' k nezaplacení. Za parabolizace strojem již totiž nemusíme vysunovat zrcadlo diskrétně o jednocentimetrový krok, ale jen lehké protáčení klikou vysunovacího šroubu nese s sebou kvalitativní změnu rovnoměrně spojitého chodu. Blíže viz Kapitulu II na str.53-60, k mým velkým zrcadlům z brousícího stroje.

I.13. Parabolizace menším leštičem.

U tohoto způsobu parabolizace užíváme leštič s průměrem rovným jedné třetině průměru zrcadla. Základní poloha leštiče bývá nahoře a taková, že se při ní jeho obvod takřka dotýká levého vnitřního obvodu našeho zrcadla. Konáme rovné tahy délky zhruba poloměru leštiče, a to do obou stran. Když naše zrcadlo vykonalo jednu fázi (za níž se nám pomalu a rovnoměrně zcela protočilo tak, že naše boční značka zrcadla opsala plný úhel 360°), přecházíme k dalším fázím, při nichž posouváme leštič vždy od jeho polohy z předchozí fáze o jednocentimetrový, či raději půlcentimetrový, krok doprava. Část procesu, složenou z fází nazveme turnusem, ten končí vždy návratem do základní polohy. Polovina prvního turnusu je tak udána situací, kdy se oba středy, tj. leštiče i zrcadla, zcela nekryjí. Přirozeně, při takovém procesu se rychleji prohlubují střední partie zrcadla. Abychom je vyrovnávali, končí poloviny dalších turnusů vždy postupně ve vzdálenosti nalevo od poloviny předchozího turnusu, kratší právě o jeden námi zvolený posunový krok.

Časté zkoušky nám přitom naznačují jaký má být další postup naší práce. Má-li již druhá zóna, počítáme-li je od obvodu, správnou diferenci, pak s určitostí bude mít třetí, a další ze zón, difference menší, než jaké mají být. Pak nasazujeme leštič tak, aby jeho levá strana šla při leštění trochu, asi tak o jednu čtvrtinu zóny, napravo od levého okraje třetí zóny a v leštění pokračujeme stejně jako dříve. Naše turnusy tedy budou postupovat směrem ke středu. Tak dohotovíme třetí zónu, a podobně pak i další z nich, ony následné. Za práce na stroji, nemá-li zóna správnou diferenci a je-li třeba postup opakovat, nasazujeme v příští sérii tahů leštič od předchozí polohy o něco více vpravo, tj. asi o polovinu šířky zóny. I když přitom leštič přechází zónu, jež se již jako správná z proměření vyhodnocením projevila, přesto ji, narozdíl od běžných představ, více již nesvede prohloubit. Délky tahů je však rozumné zkracovat tak, aby úhlové tahy leštiče vůči středovému bodu osy plošiny, zrcadlo unášející, byly stálé. Takto parabolizujeme postupnými etapami naše zrcadlo tak dlouho, než se dostaneme pod poloměr kruhové vzdálenosti vlivu sekundárního zrcadla, či tzv. *sekundáru*, budoucího dalekohledu, způsobujícího zastínění středové partie primárního zrcadla.

Není-li vnitřní část zrcadla o poloměru rovném zhruba poloměru leštiče dostatečně korigována, dá se použít k její parabolizaci buď menší leštič o průměru asi takovém, jaký činí zastínění části zrcadla odrazným zrcátkem, či ruční parabolizací prohlubujeme tuto část zrcadla tlakem na levý okraj leštiče. Ten přitom postupuje, samozřejmě, pomalu vpravo. Tím ale riskujeme nevídanou možností vzniku i vývinu nepravidelné figury plochy. Právě uvedená parabolizace je aplikovatelná na větší i světlejší zrcadla, tj. již od uvedeného průměru 30 cm.

¹ z logiky věci, oproti originálnímu textu této pasáže v manuskriptu plyne „leštili více“. Pozn. rev.

I.14. Univerzální metoda parabolizace pomocí leštičů postupně zmenšujících se průměrů.

Tato metoda je výhodná zejména u velkých zrcadel, ale též i u menších zrcadel abnormálně světelných. Oproti metodě právě popsané má tu výhodu, že parabolizace při ní postupuje rychleji. Je použitelná i na největší zrcadla, pokud je vůbec možné jejich parabolizaci provést jen leštěním. Tato okolnost je závislá na velikosti odchylky konkrétního paraboloidu od sférické plochy. Ku příkladu Ritcheyovo dvaapůlmetrové zrcadlo Hookerova teleskopu observatoře Mt. Wilson bylo parabolizováno ještě pouhým leštěním, zatímco pětmetrové zrcadlo observatoře Mt. Palomar bylo naopak nezbytné podstatně parabolizovat jemným broušením. Jeho parabolizace na základě pouhého leštění by si jinak vyžádala neúměrně dlouhou dobu. Obě zrcadla se shodují v ohniskové vzdálenosti, rovné zhruba patnácti metřům.

Vzorec (I.8.5) na str. 27 dává $\delta = (r/64) \cdot (r/f)^3$. Při stejné ohniskové vzdálenosti jde tak o odchylku přímo úměrnou čtvrté mocnině poloměru zrcadla. U Mt. Palomarského zrcadla, při srovnávání s Mt. Wilsonskou parabolickou plochou, je relativní odchylka $\delta_{P/W} = 2^4 = 16$, tedy proti Mt. Wilsonské šestnáctinásobná. To prokazuje nenadnesenost naší poznámky k vynucené rozdílnosti technologického přístupu na obě zrcadlové figury.

Při uváděné metodě parabolizace postupujte následovně: zrcadlo vyleštíme normálně, i když jeho kulovost nemusíte dodržet až natolik přesně. Nutné však je, aby nebylo astigmatické a také nelze akceptovat, vykazuje-li plocha, určená k úpravě touto parabolizací, přítomnost zleštěných okrajů. Obě vady by se setrvačností totiž zachovávaly. Ke zkoušení zrcadla připravte masku s okénky o šířce zhruba jedné dvěstěpadesátiny poloměru křivosti podle Couderova způsobu tak, aby celá plocha zrcadla byla dostupná našim měřením. Dále pak zmenšete průměr leštiče natolik, aby odpovídal průměru vnitřního okraje třetí zóny (v pořadí od okraje). To pro třicetimetrový průměr zrcadla určuje průměr leštiče tříadvacetimetrový.

Základní poloha leštiče bude opět taková, že se leštič i zrcadlo dotýkají nalevo zevnitř, samozřejmě za bezpodmínečně dodržení dokonalého kontaktu. Při ručním leštění pak leštič posouvajte vždy po jednom otočení zrcadla o půl centimetru po tak dlouho, kdy se jeho střed dosud nekryje se středem zrcadla. *Délka tahu je někde mezi jednou čtvrtinou až jednou třetinou poloměru leštiče.* Poté postupně přibližujte vždy leštič o polovinu centimetru k okraji s každým otočením zrcadla, avšak končete poslední polohou, při níž se leštič okraje ještě nedotýká. Přestaňte proto při vzdálenosti okrajů rovné půl centimetru. To se opakuje tedy podle schématu:

3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0
	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0
		2,5	2	1,5	1	0,5	0
			2	1,5	1	0,5	0
				1,5	1	0,5	0
					1	0,5	0
						0,5	0

Lešticí červeň užijte velmi řídkou, před započatím leštění ji rozestírejte kruhovými pohyby leštiče, rovněž i za jeho soustavného nadlehčování, a to co nejrovnoměrěji. Zkoušejte až po důkladném vychladnutí zrcadla a po zatížení na potřebnou dobu pak pokračujte potud, pokud difference mezi první a druhou zónou nevyhoví. Difference mezi druhou a třetí zónou se zmenší, mezi třetí a čtvrtou zónou snad bude i záporná.

Průměr leštiče poté zmenšete o dvojnásobnou šířku okénka, tedy na průměr dvacetipůl centimetru. Základní poloha leštiče musí být taková, aby se jeho levý okraj dotýkal při rovných tazích vnitřního průměru druhé zóny. V následujícím turnusu (tj. v sérii tahů) je základní poloha posunutá však vždy o půl centimetru, jako dřív, doprava po tak dlouhou dobu, pokud se oba středy nekryjí. Tím máte pojištěno, aby se vám druhá, a již správná zóna, dalším leštěním nadále vůbec nezměnila.

To je standardní postup. Vždy poté, kdy dohotovíme následnou zónu, zmenšeme průměr leštiče vždy o dvojnásobnou šířku okénka oproti průměru celé parabolizované, a aktivně použitelné mimostředové plochy dohotovovaného zrcadla. Za práce na lešticím stroji má postup leštiče probíhat neustále souvisle, tj. formou jakési spirály. Nasazování leštiče, vynucované pokračováním naší parabolizační práce po provedení zkoušení, zachovává jeho polohování jako vždy půl centimetru snesené doprava, přitom systematické.

I.15. Zhotovení přesného rovinného zrcadla.

Přesné velkopřůměrové rovinné zrcadlo je nezbytnou potřebou každého vážně na astrooptiku zaměřeného zájemce. Samo vytvoření rovinného zrcadla průměru 20 až 25 cm, nepřesahující v přesnosti ideální rovinnou plochu odchylkou asi jedné dvacetiny vlnové délky užitého světelného záření $\lambda_{\text{Na}} = 555\text{nm}$, tedy míň než tři stotistiny milimetru, tj. 30nm^1 , je již „řádným soustem“.

Opatřeme si tři kotouče skla Tempax, oboustranně naleštěné. Toto sklo volíme pro jeho nízkou hodnotu koeficientu tepelné roztažnosti (či *dilatace*) záměrně. Zmíněná vlastnost je výhodnou zábranou mnoha obtíží, především úsporou zbytečných prodlev v práci čekáním na teplotní jak vyrovnání skel leštěním, tak setrvačností dílny atp. Nejvýznamnější rys je ale v jeho kvalitnějším vychlazení, čímž disk netrpí chronicky citelným zbytkovým vnitřním pnutím, jež po čase samovolně končí v „nabobtnání“ okraje kotouče. To i docílenou přesností tvaru optické plochy na něm trvale zničí, podkorekci v lepším případě (je-li pnutí symetrické). Proto má být sklo vychlazené pod úroveň 2 nm/cm. Kotouč průměru 20 cm by měl mít relativní výšku zhruba sedminovou, tj. 3cm.

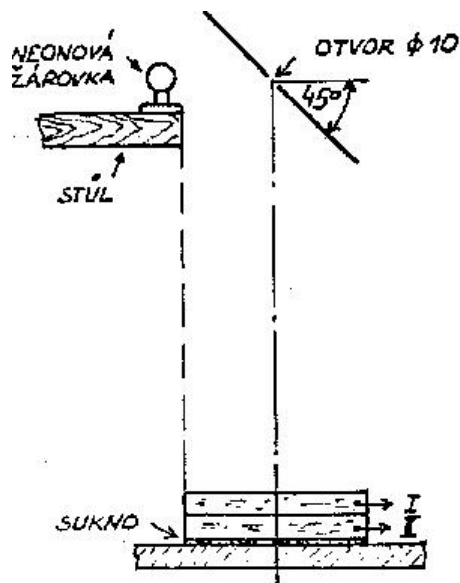
Postup výroby: Všechny tři kotouče označíme na rubu viditelně číslicemi I, II a III. Patřičným druhem karborundového prášku obrousíme o sebe nejdříve kotouče I a II. U leštěných kotoučů by měla bohatě stačit frakce plavená dvě, ba snad i pět, minut, v závislosti na přesnosti vyhotovené rovinnosti naleštěných kotoučů výrobcem. *Brousíme potud, pokud oba kotouče nejsou celoplošně obroušené.* Přitom kotouče musíme mezi sebou polohově zaměňovat, tedy každý kotouč bude záměnně po sobě nahoře i dole. Pak přejdeme k témuž spoluobroušování kotoučů I a III, taktéž k stavu jejich plného celoplošného obroušení, především kotouče III. A konečně o sebe střídavě spoluobrousíme kotouče II a III. Snad čtyři až šest dávek frakce by k tomu měly stačit. Je-li průměr našeho třínožkového sférometru o něco menší než zrcadla, vyhoví nám dobrý setinový hodinkový indikátor, jímž můžeme zakřivení všech tří zrcadel zkontrolovat. Nemělo by se lišit. Srovnání dvou ploch nám umožní dosáhnout přesnosti jedné až dvou tisícín milimetru i za okolnosti, že setinový hodinkový indikátor udává přesnost o absolutní chybě jen dvou setin milimetru. Další broušení soustavně zjemňujícími se brusivy postupuje podle schématu I-II (II-I), I-III, (III-I), II-III, (III-II), kde závorkování má nám upomínat střídané spoluobroušení obou kotoučů. Jelikož by si tím každé zrcadlo užilo jen čtyři dávky brusiva, celý proces jednou zopakujeme a pokaždé frakci roztíráme asi kolem pěti minut. Pro nejjemnější smírek opakujeme postup třikrát tak, aby všechna zrcadla dostala jeho dvanáct dávek. Naš způsob umožní přesné „zplanýrování“ všech tří našich ploch, nebyl-li ovšem původní producentův prohřešek, vůči jím slíbené rovinnosti povrchů, přespříliš velký.

Pak nastupuje leštění. *Lešticí postup rovinných zrcadel se proti popsanému postupu obvyklého leštění sférických zrcadel liší zásadně v tom ohledu, že kulová zrcadla se leští bez zkoušení a za občasného prostřídání poloh zrcadla, tedy nahoře a dole.* Po leštění se pak bude zakřivení konkávního zrcadla poněkud lišit a někdy až výrazněji, od původního zakřivení zrcadla z konce jeho jemného vybroušení. *Ono zohlednění leštění rovinného zrcadla je vedeno nezbytností vyvarovat se apriorní setrvačnosti leštění, jež bývá degradující a proto ji naprosto připustit nelze!* Neboť každá případná změna plochy by reprezentovala značnou ztrátu času, vynaloženého na její následnou nápravu. *Žádné zrcadlo by se proto, během polohového střídání, nemělo leštit déle než patnáct, dvacet minut. Smola musí být tvrdá a mít těž i co nejlepší kontakt, i lešticí červeň se smí užívat jen řídka.* Po naleštění třetího zrcadla čekáme asi dvacet minut a pak zrcadla vyzkoušíme. Doba vychlazení pro počátek postačí. Oč více se ale k dokonalé rovinné ploše budeme přibližovat, o to více musíme čekání též soustavně prodlužovat. Zrcadla zbavme držadel, smolu očistíme! Zkoušíme interferenci, nejsnáze pomocí neonové trubice. Rtut'ová nízkotlaká výbojka je výhodnější. Chybí-li nám tato možnost, pak použijme jako jednobarevný svítící zdroj nesvitivý plamen Bunsenova plynového hořáku s trubicí potřenou vrstvičkou navlhčeného bikarbonátu sodného (tj. *jedlé sody*). Plamen se nám při něm zabarvuje žlutě. S rtut'ovou lampou užíváme oranžový OG filtr, propouštějící jen žlutou část spektra. Situaci neonové lampy však filtr RG 1, odstraňující žlutou čáru spektra, nezlepší, neboť jako zářič vydává hlavně paprsky červené. O interferenci světla píše každá učebnice fyziky, či fyzikální optiky. My využijeme jen popis interferenčních jevů. Pokus, jehož schéma je na obrázku č.18 další strany, provedeme takto: Důkladně očištěné a prachu odpovědně, snad nejlépe čistou suchou dlaní, zbavené vyleštěné plochy zrcadel I a II *naložíme značně opatrně vzájemně na sebe.* Spodní zrcadlo, podložené látkou - např. tmavým sukem či tlustým flanelem s černým papírem, spočívá na rovné desce tak, aby netrpělo nijakou svou deformací. Nejlepší je pokládat zrcadla na zem či na nízkou stoličku hned vedle stolu, pod neonovou žárovku na jeho kraji stojící, či pod jiný jednobarevný zdroj světla. Tímto zdrojem nasvětlujeme bílý papír, odkloněný od vodorovné roviny o úhel 45°. Uprostřed papíru je vyříznutý otvor k sledování zrcadla, je-li polohován nad jeho středem. Papír raději fixujte. Za počátečních zkoušek však stačí jej držet jen v ruce. Pro tyto zkoušky nezapomeňte místnost velmi dobře zatemnit.

¹ Platí $30\text{nm}=3\cdot 10^{-8}\text{m}=30\text{m}\mu$. Jak jsme poznamenali pod čarou str. 25, Ing. Gajduškem užívaná jednotka $\text{m}\mu$ již není nejběžnější. Pozn.rev.

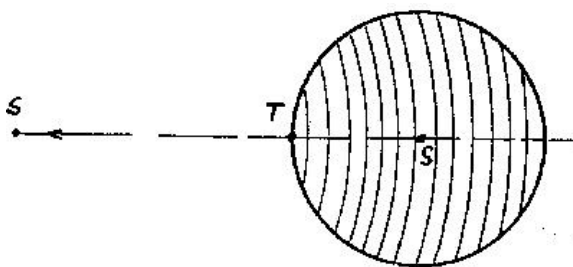
Složená zrcadla, při pohledu otvorem v papíru, jsou obvykle okrášlená řadou tmavých pruhů na světlém pozadí. Nespatříme-li tyto pruhy, pak často stačí přitížit okraj horního zrcadla rukou, což konejme jen jemně! Pokud se ani pak pruhy neobjeví, naše zrcadla nejspíše potřebně čistá nejsou. Zjeví-li se nám však, lze měnit, jemnou změnou přitlaku, jejich oddálení. Tedy vhodným přitlakem můžeme, v případě jejich vzájemné nerozlišenosti, docílit stav výskytu jen mála pruhů. Význam pruhů je analogický smyslu vrstevnic pro seznámení se s terénem pomocí speciálních zeměpisných map v tom, že spojují mezi sebou místa o jisté konstantní výšce ploch obou zrcadel. V interferenčním obrazci je sousední pruh spojnicí všech míst o vzájemné výšce obou ploch zrcadel, lišící se oproti sousednímu pruhu o rozdíl obnášející polovinu vlnové délky užitého monochromatického světla, a to ve smyslu jejího nárůstu či poklesu vůči hodnotě, platné v ihned vedlejším pruhu. Zrcadla ale na sobě zpravidla neleží celoplošně a vzduchová mezera mezi nimi bývá běžně klínovitá. Úhel onoho úkosu lze tlakem, směřovaným k vhodné pozici obvodu horního zrcadla, chtěně pozměňovat. Uvažme, jaký interferenční obrazec asi vyjeví dvě absolutně rovná zrcadla za existence klínovité vzduchové mezery mezi nimi. Snadno si odvodíme přímočarost těchto pruhů, spojenou navíc i s jejich zcela pravidelnou rovnoběžností. Pokud se však jedno z nich stane například mírně konvexním, tedy vypuklým, a bude-li se ve svém středu stýkat s druhým rovinným zrcadlem, čímž v tomto bodě optické osy obou zrcadel i splynou, tu se v místě jejich dotyku objeví malá kulatá a tmavá středová ploška, soustředně obklopená interferenčními kruhy. Poloměr n -tého interferenčního kruhu bude při poloměru křivosti zrcadla R :

$$r_n = \sqrt{\lambda \cdot n \cdot R}, \quad \text{kde } n = 1 \ 2 \ 3 \dots \quad (\text{I.15.1})$$



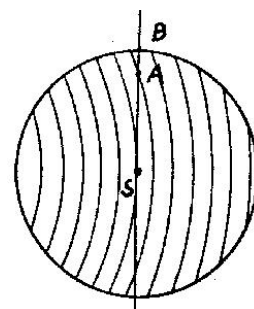
Obr.18.

Tvoří-li zrcadla nevýrazný klín (lze-li v takovém případě o klínu vůbec hovořit), bude se náš systém interferenčních pruhů pohybovat k okraji obou zrcadel. Svírají-li osy zrcadel značnější úhel, a tedy i kolmice vedené ze středů zrcadel, střed interferenčních pruhů se přemístí mimo zrcadlo (viz obrázek 19). To nám ale samozřejmě umožňuje viditelnost jen obloukové části těchto kruhů, omezené fyzicky společnou plochou obou zrcadel. Jde o běžný případ. Je-li konkávní (tedy duté) jedno ze zrcadel, pak obrazec interferenčních pruhů je obdobný běžnému stavu dvou mezi sebou pod nějakým menším úhlem svíraných normál obou ploch. Jak ale od sebe odlišíme případ dutého a vypuklého zrcadla? Přitlačíme-li shora na místo jeho obvodu (bod T obrázku 19), ležící ve směru zdánlivého středu interferenčních pruhů zrcadel (umístěnému mimo společný obrys kotoučů), pozorujeme při tom, zda se hustota nabíhajících kruhů zvyšuje (tzv. *Newtonovy kroužky* za styku vypuklé plochy s rovinou), či zda naopak klesá. První případ dá zrcadlo konvexní (vypuklé), druhý pak konkávní (duté). Plyne to z náchylnosti oddalování či přibližování okrajů neroviny a roviny vůči středu pruhů.



Obr.19

Jak ale zjistíme oč je zrcadlo ve středu vypuklejší, či dutější? To lze provést jen za předpokladu, že pro druhé zrcadlo si postulujeme jeho absolutní rovinnost a vodorovnost. Vedme pak k interferenčnímu pruhu ve tvaru oblouku, procházejícímu přibližně středem zrcadla S , stejně jako v obr. 20, tečnu. Ta protne sousedící oblouk v bodě A , jenž je buď výše či níže právě o půlvlnu užitého jednobarevného osvětlení. Pak, je-li okrajový bod tečny B na okraji zrcadla dál o příslušný podíl vzdálenosti příštího následujícího oblouku (např. v jedné třetině půlvlny), připočteme tuto třetinu k jedné celé půlvlně sousedního pruhu a výsledek nám udá čtyřtřetinové vyvýšení, či snížení, okraje jedné půlvlnové vzdálenosti naší barvy světla, či příslušnou dvoutřetinovou vzdálenost užitých vlnových délek světla. Charakter konkavitu označíme záporným a konvexitu pak kladným znaménkem naší hodnoty vzájemného maximálního oddálení obou ploch. V případě, kdy ani jedno ze zrcadel rovinné není a obě se od sebe nijak výrazněji neliší, uvidíme takový interferenční obrazec, jenž je v podstatě formou kryje s rovinnými plochami.



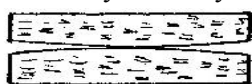
Obr.20

Případ uváděný na obrázku 21 označuje proto zrcadla jako *relativně dutá*, ta z obrázku 22 jsou naopak *relativně vypuklá*. Přirazení charakterizačního znaménka zakřivení nám tuto relativizaci usnadňuje. Položíme-li

totiž na sebe obě zrcadla o opačných relativních zakřiveních $+3, -2$, operace sčítání poté eliminuje shodně menší zakřivení u obou zrcadel a tím se duté zrcadlo relativizuje na rovinné. Dalece výraznější křivost vypuklého zrcadla se tím navíc náležitě (relativně k protizrcadlu) sníží, a to na : $+3+(-2)=1$.



Obr.21



Obr.22

neárních rovnic o třech neznámých:

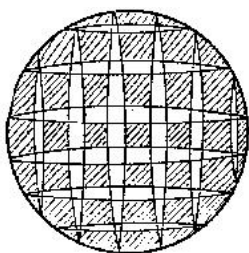
$$A + B = -2 \quad (\text{I.15.2})$$

$$A + C = -1 \quad (\text{I.15.3})$$

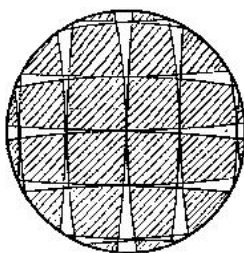
$$B + C = +1 \quad (\text{I.15.4})$$

Obvyklé řešení této soustavy pomocí vzájemného kombinování rovnic dosazením, zde, těm neznalým algebry, osvětlíme. Nejdříve odečteme (I.15.3) od (I.15.2), máme tak $B - C = -1$. Výsledek pak sečteme s rovnicí (I.15.4). To eliminuje vliv C a dává $B + B = 0$. Proto platí, že $B = 0$. S ohledem na užitou přesnost je zrcadlo B vhodně rovinné, dosazením jeho hodnoty do rovnice (I.15.2) je křivost $A = -2$, z rovnice (I.15.4) pak $C = +1$.

Leštič zplošťující



Leštič prohlubující



Obr.23

Zrcadlo B proto leštíme dále asi 20 minut, z toho deset minut na leštiči a deset minut pod leštičem. Další leštění zrcadel A i C , z nichž prvé je i více konkávní než druhé konvexní, si vyžaduje zhotovení speciálních leštičů, a to každého na rovné desce přesně téhož průměru, jaký mají obě leštěná zrcadla. Rýhy potřebného leštiče (fasety) upravujeme tak, aby prvním z nich více zlešťovaly okraje konkávního zrcadla A a druhým naopak více střed. To proto, že zrcadlo C se nám jeví jako konvexní. Vhodné zásahy zobrazuje obrázek 23.

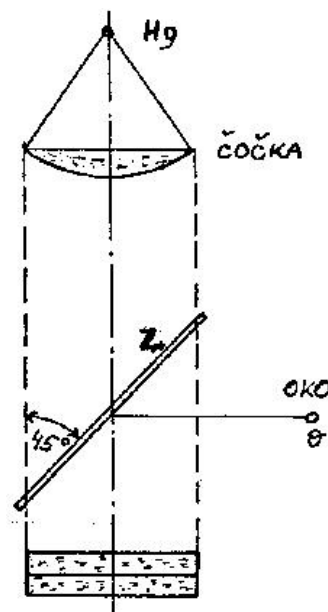
Je vhodnější ponechat prohlubující leštič vespod a naopak, účinek zplošťujícího leštiče se zvýrazní, bude-li působit na zrcadlo shora. Zajištění dokonalého kontaktu za studena, tj. ponecháním v zatíženém stavu, je každopádně naprosto nezbytné. Pokaždé tehdy, je-li leštič mimo zrcadlo kvůli optické zkoušce déle než jednu minutu, je nutné ponechat je před další prací mírně zatížené, tedy polohovat je, v klidu alespoň na dobu několika minut. Přitom dobu leštění nerovných zrcadel lze odhadovat jen velmi obtížně, ta totiž úzce souvisí s dalšími okolnostmi. Počítejme průměrně asi s dvaceti minutami. K odstranění menší odchylky od roviny pak bývá zpravidla zapotřebí méně času. Po vychladnutí posledního ze zrcadel zkoušíme opětovně všechna naše tři zrcadla stejně jako v prvním případě a sestavíme si nové tři rovnice popisující jejich křivost. Celkové zakřivení se přitom snažíme odhadnout co nejpřesněji. *Pokud se na zrcadle zjeví zóny až nyní, potom je nutné tyto nepřesnosti odstranit leštěním na celém leštiči, postupným zředčováním leštící červeně. Zóny určujeme z nepravidelnosti průběhu interferenčních čar v jejich obrazci. Nepatrnou konkavitu okolo čtvrtiny užité vlnové délky (tj. $1/4 \lambda$) odstraňujeme leštěním celým leštičem, přitom zrcadlo je dole. Podobně s leštičem dole lze odstranit lehkou konvexitu. Při tvrdošijném postupu ke konci práce musíme nutně stále zředčovat leštící červen až takřka na konzistenci mírně načervenalé vody, stejně tak usilujeme i o udržení co nejdokonalejšího kontaktu. Zrcadlo ponecháváme vychladat vždy po delší dobu.*

Pozor!!! Plochu zrcadla za delšího měření umí nahřívát i nepatrné teplo světelného zdroje a tím ji též mírně zdeformovat. Distanci interferenčních pruhů upravme tak, aby byly od sebe tři, čtyři centimetry. Srovnání nám usnadní volně posuvný papírový proužek o přesně rovných stranách. Sklo Tempax práci podstatně zkracuje, je totiž méně citlivé na změny teploty. Naši práci můžeme označit za dokonalou až tehdy, jakmile pro každý ze tří možných párů našich tří zrcadel prokážeme, že produkuje interferenční pruhy zcela rovné. Za popsaného pracovního postupu však stěží rozlišíme difference menší než činí dvacetina osvětlující vlnové délky, což je jedna desetina půlvlnové vzdálenosti interferenčních pruhů. S narůstajícím oddálením pruhů sblížených rovinných ploch, dochází i k rozšíření jejich šíře a tím i k následnému stírání ostřejších kontrastů jejich okrajů.

Před závěrečnou zkouškou, jež je hodnotná jedině po několika dnech od ukončení prací, by měla zrcadla ležet dlouhodobě v neproměnné teplotě a kromě toho i jejich kotouče by se měly až do jejího průběhu polohovat příslušně na sobě na delší dobu, alespoň půlhodinu. Osvětlení zásadně uskutečňujeme jen co nejkratší, tedy jen na několik málo vteřin, jinak by se nám teplem zaručeně kotouče zcela znatelně deformovaly. Pokud je delší osvětlení místnosti z důvodů přípravy naší zkoušky nezbytné, pak počkejme s jejím definitivním vykonáním alespoň po dobu jedné hodiny.

Právě popsaný postup, jen precizně realizovaný, umožňuje získání tří dokonalých větších rovinných zrcadel. Snažme se alespoň jedno z nich postříbřit. Jeho optická definice totiž pak nebude degradována nezajistitelnou rovnoměrností hliníkové vrstvy jejími návějemi, které právě vakuové napařování svou fyzikální podstatou reálně způsobuje. Stříbření dá naopak daleko lepší šanci dodržení námi potřebné stejnoměrnosti vrstvy, a proto i její rovinnosti, jako odrazné vrstvy výborně vybroušeného a vyleštěného rovinného zrcadla.

Lepším zkoušecím zařízením rovinnosti zrcadel je přístroj využívající následující princip: Do ohniska čočky alespoň stejně velkého průměru jako je naše rovinné zrcadlo, a již si můžeme například opatřit ze světelného kondenzoru, umístíme světelný zdroj. Vhodným typem je jedině rtuťová nízkotlaká výbojka s čistým spektrem. Jak vidíme na obrázku 24, je uspořádání přístroje svislé a Z představuje planoparalelní sklo. Přibližně paralelní monochromatické paprsky projdou planoparalelním sklem a padnou na zrcadlo. Interferenční pruhy se za návratu odrazí sklem Z. Sledujete je tedy okem v místě O oranžovým filtrem RG2.

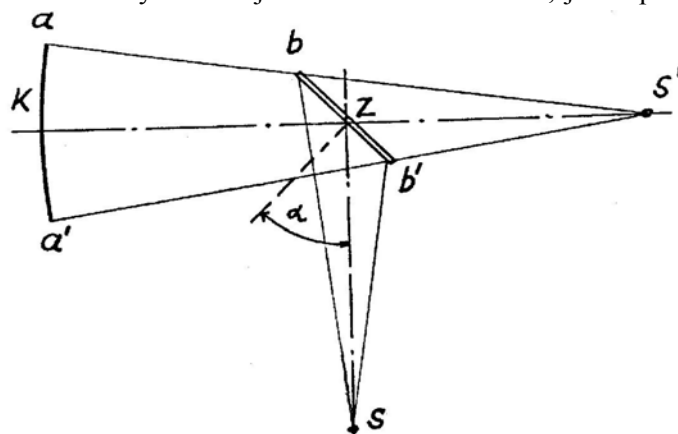


Obr.24

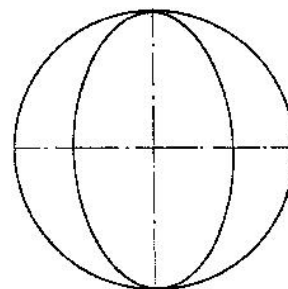
I.16. Zkoušení rovinného zrcadla pomocí zrcadla kulového.

Nakonec není na závadu přezkoušet naše rovinná zrcadla, vyhotovená pomocí interferenční metody, pomocí kulového zrcadla. Jde o zkoušku citelně přesnější a především schopnou zřetelně odhalit ty zóny, jež mohly naší pozornosti uniknout pro menší citlivost předchozí metody.

Pro mnohá použití rovinného zrcadla pak není ani tak významná jeho absolutní rovinnost, jako spíše škodlivé projevy jeho nejnepatrnějších zonálních vad. Princip zkoušky pochopíme z obr.25, kde K je přesné kulové zrcadlo průměru čtyř třetin rovinného zrcadla a s ohniskem asi jednoho metru. Nemáme-li k dispozici dosti velké kulové zrcadlo, stačí zkoušené rovinné zrcadlo poněkud více přiklonit k ose. Přitom je nutné dbát na to, aby paprsky vedené z okraje zrcadla K, a značené jako a a a' , prošly rovinné zrcadlo Z v bodech b a b' , ležících na jeho okraji. Jen to nám umožňuje vyzkoušení 'celé' optické plochy zrcadla Z, tj. ve skutečnosti pouze velmi protáhlé elipsy na jeho ploše s malou osou rovnou průměru p v kónusu světelných paprsků při oné pozici středu rovinného zrcadla, a o velké ose rovné přibližně $p/\cos\alpha$. Fakt optické symetrie rovinné optické plochy Z, nám umožňuje i rotační rozšíření zkoušky na celou plochu zrcadla Z. Zonální vady takto zkoušeného rovinného zrcadla Z se projeví coby tmavé oblouky koncentrické se zrcadlem Z, které se však promítají jako elipsy, nikoliv již tedy zrcadla K, a to zhruba podle naznačeného tvaru na obrázku 26. Opodál něj se na obr.25 nalézá zkoušené rovinné zrcadlo Z, jehož rovina je skloněna k ose kulového zrcadla o 45° . S' je střed křivosti kulového zrcadla a S pak jeho obraz odkloněný zrcadlem Z. V S umístíme světelný zdroj, nejlépe formy štěrbinu a bříty, patřičný měřicímu uzlu, vlastnímu Foucaultově stínové zkoušce. Paprsky vyšlé ze štěrbinu se odrazí zrcadlem Z, pak na sférickém zrcadle K, po druhém odrazu opět na rovinné ploše Z se pak obraz naší štěrbinu vytváří blízko zdroje S. Je-li splněna podmínka rovinnosti zrcadla Z, vede to k současnému pohasínání sférické plochy K, běžnému pro Foucault-



Obr. 25



Obr.26

tovu zkoušku konkávních sférických zrcadel. Seběmenší odchylka od planárnosti zrcadla K , díky touto metodou využívanému dvojnásobnému odrazu, se potom navíc významně zdůrazní.

Abychom získali srovnání, pokusme se stanovit poloměr křivosti zrcadla R při průměru $2\rho=200$ milimetrů a s hloubkou $h = \lambda/20$, kde pro $\lambda = 6000\text{\AA}$, tj. $6 \times 10^{-4}\text{ mm}$ je $h = 3 \times 10^{-5}\text{ mm}$. Podle Thaletovy i Euklidovy věty, platné pro pravoúhlé trojúhelníky: $2R \approx \rho^2/h$, tj. $R \approx 0,5 \cdot 10^4/3 \times 10^{-5}\text{ mm} \approx 1,67 \times 10^8\text{ mm} \approx 167\text{ km}$.

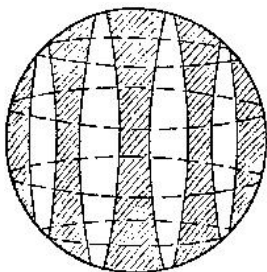
Uvedenou zkoušku lze použitím okuláru ještě dále zpřesňovat. Seběmenší celková nerovnost se totiž v okuláru projevuje odpovídající úrovní formy osového astigmatismu. Za bodový zdroj nám dobře poslouží již zmíněná hvězdička, vybraná ze světlých bodů námi používané omatované žárovičky kapesní svítilny. Okulár přitom trpět astigmatismem ale nesmí. Jako nejlepší se jeví orthoskopické okuláry firmy Carl Zeiss s ohniskovou vzdáleností sedmi milimetrů, lepší jsou však pětimilimetrové. Každopádně se nám vyplatí připevnění okuláru na stojánek s regulovatelnou výškou. Okulár zaostříme na obraz žárovičky, v němž si vyhledáme vhodnou umělou hvězdičku blízko středu obrazu žárovičky, nejlépe osamocenou. V okuláru se nám bude přitom jevit jako malá a dokonale kruhová skvrnka. Povyťáhneme pak velice pomalu okulár a pozorujeme změny ohybového obrazu, vznikajícího z kruhové skvrnky.

Při dokonalé planárnosti zrcadla Z se ohybové jevy kryjí s těmi, na něž jsme si již při podobné zkoušce dokonalého sférického zrcadla zvykli. Tečka se při pomalém pohybu musí počít rozšiřovat v malý kotouček zcela symetricky, o něco později pak v prstenec. Připomínám, že mám na mysli jen velmi malý posuv okuláru, tedy asi tak o jeden, či o dva milimetry.

Je-li Z poněkud konvexní, rozšíří se nám obraz umělé hvězdy při malém povytažení okuláru vertikálně, tedy svisle, a při malém zatlačení okuláru oproti rovině úplného doostření umělé skvrnky pak horizontálně. Inklinuje-li zrcadlo mírně ke konkávnosti, popsane projevy se jeví obráceně. K tomu připomínám, že zkouška je tak citlivá, že je s to odhalit zakřivení o poloměru až několika kilometrů. Při větším zrcadle je astigmatismus tím větší, čím je větší úhel dopadu světelných paprsků α , i čím je zakřivení zkoušeného planárního zrcadla, větší. Kulové zrcadlo je nutno nechat pokovit, nejlépe ale postříbřit, a po pokovení opět přezkoušet, zda je prosté astigmatismu, i sférické vady. I přes ta opatření budou námi obdržené obrazy velmi nevýrazné. Neobejdeme se proto dost dobře bez užití šterbiny o šířce nejlépe jedné desetiny milimetru a o délce kolem tří, čtyř milimetrů.

I.17. Užití přesného rovinného zrcadla.

Máme-li k dispozici přesné rovinné zrcadlo, potom se značně zjednodušuje úkol zhotovení nového rovinného zrcadla buď o něco většího, či libovolně menšího průměru. Přesné zrcadlo totiž využijeme jako porovnávací a tudíž nebude jako dříve nutné zhotovovat zrcadla tři. Nové zrcadlo se pokoušíme proto vybrousit skoro přesně užitím sférometru, s roztečí nožek mírně menší. Nové zrcadlo leštíme tak, jak jsem již popsal dříve.



Obr.27

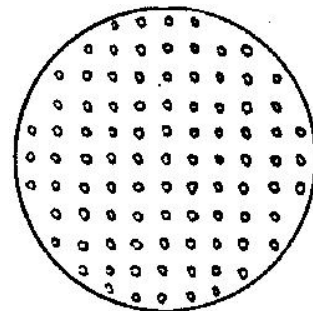
Existuje způsob výroby rovinného zrcadla pomocí jediného celého leštiče. Je-li zrcadlo konkávní, je potřeba je zploštit. Na vlhký leštič pokládáme proužky lesklého papíru o tloušťce jedné až dvou desetín milimetru podle obrázku 27. Nahoru pak přitlačíme mokré zrcadlo a ponecháme je, hodně zatížené, po několik minut. Když dojde ke zřetelnému vtlačení proužků, sejmem je a jejich polohu protočíme tak, aby byla kolmá k původní (na obr. 27 to naznačují čárkovanými obrysy papírových kousků) a opět je necháme zřetelně vtlačit. Nakonec na chvíli na takto zformovaný leštič klademe zrcadlo. Tím vytvoříme zplošťující leštič jisté časové výdrže. Dosáhneme-li jím stanovený cíl, stačí tlačít značně zatížené zrcadlo na leštič po nějakou dobu, dokud předtlačený vzorek ve smole zcela nevymizí. Postup lze případně opakovat. Podobným způsobem si zhotovíme i prohlubující leštič, pro zrcadlo jeví se prozatímne jako konvexní.

Tento způsob používáme tehdy, máme-li vyrobit jediné planární zrcadlo a nikoli hned a zdlouhavě jejich sady trojic. Má-li být toto zrcadlo shodně velké se srovnávacím, nemůžeme si ale být jisti jeho stejnou přesností

přesto, že obě po vzájemném přiložení i ukáží zdánlivě zcela rovné pruhy. Akceptujeme-li názor, že nejsme s to poznat z interferenčního obrazce chybu odchylky menší než dvacetinu kontrolní vlnové délky, potom nové zrcadlo může mít v nejnejpříznivější situaci chybu až dvakrát větší, tj. $\lambda/10$. Vyráběli-li bychom pomocí našeho rovinného etalonu planární zrcadlo dvojnásobného průměru, pak v nejnejpříznivější případě získáme odhad chyby 2^2 , tedy jako čtyřnásobný, tedy o velikosti $\lambda/5$. Navíc se jako nutná ukazuje návazná zkouška pomocí kulového zrcadla. Pozor: přesnost $\lambda/20$ dodržíme jen pro zrcadla značně menšího průměru než má náš etalon!

Eliptická odrazná zrcátka pro reflektory typu Newton, zhotovujeme z rovinného zrcadla, vyrobeného ze zrcadlového skla popsánymi způsoby tak, že diamantem, či raději ocelovým kolečkem, je rozřezeme na vhodné veliké obdélníky. Přilepíme je jejich rovnou stranou k dřevěné šabloně vzniklé rozříznutím dřevěného vysoustruženého válečku po úhlem 45° . Rohy skleněných obdélníků pak opatrně oštípáme kleštěmi či ručním svěrákem a sklo poté obrousíme do oválu na rovném karborundovém brusku s průměrem třiceti centimetrů. Nemáme-li brus k dispozici, pak dobře stačí k obroušení skla karborundový prášek s vodou a rovná železná deska. Začneme zrnitostí číslo 60 a končíme u čísla 100. Poté šablonu se zrcátkem zahříváme ve vhodném hrnci s vodou. U větších zrcátek o malé ose větší pěti centimetrů, a tenčích než sedm milimetrů, je nutný velmi pomalý ohřev s dodatečnou kontrolou teploty teploměrem. Při měkké obuvnické smole stačí dosáhnout teplotu kolem 40°C a při ní zrcátko stahovat bočně. Metoda je to velmi výhodná, musíme však upozornit na několik vážných okolností. Sklo nesmí hlavně trpět příliš velkým zbytkovým vnitřním pnutím. Proto je užití zrcadlového skla omezeno jeho tloušťkou osmi milimetrů. Během rozřezávání rovinného skla, i za jeho obrousování, se jeho zbytkové vnitřní pnutí totiž rozvolňuje a původně získaná rovinná odrazná skleněná plocha se tím zdeformuje tak, že dříve planární zrcadlo se nutně stane mírně konkávním. Pro žluté světlo s $\lambda_d = 587,6\text{nm}$ tím vznikne maximální odchylka plochy zrcátka od původní roviny, jež může být číselně rovná až $\lambda_d/4$, tj. 147nm .

Řečené je nutné upřesnit ještě i tím, že onu tloušťku lze užívat jen u skel vyrobených před 2. světovou válkou. Zrcadlová skla vyrobená během ní, a především po ní, nejsou již, naneštěstí, tak dobře vychlazená. Tím se jejich užitná maximální tloušťka snižuje až na čtyři milimetry. A následně se pro tuto metodiku i omezí dostupnost odrazných zrcátek jen na 40×56 milimetrů, pro degradaci sklem. Naopak, samotný způsob umožňuje výrobu eliptických zrcadel značné velikosti (např. 14×20 centimetrů) pro sklo dokonale vychlazené na vnitřní zbytkové pnutí 2 nm na centimetr délky. Za něj deformace nepřesáhne $\lambda/4$. Zrcadla tenká pět až osm milimetrů se špatně zhotovují pro průměry 10 až 13 centimetrů. Přilepovat je středově je totiž vyloučené. Nejlepší je proto nalepit je na železnou desku zhruba stejného průměru. Roztopenou smolou uděláme pomocí dřívka pokud možno malé kapky asi tak jak to ukazuje obrázek 28, když desku jsme předtím mírně nahřáli (aby smola hned nevytvrdla). Předtím nepříliš terpentýnem potřenou skleněnou desku mírně na ni ze stran kapek natlačíme. Kapky se obrysově rozlijí, ale k jejich vzájemnému dotyku by dojít nemělo. Vše necháváme pomalu vychladnout, poté brousíme a leštíme. Ani tento postup však nezaručuje získání dobrého zrcadla, v případě jeho příliš malé tloušťky, oproti jeho stávajícímu průměru. Zvolíme proto např. pro tloušťku skla rovnou sedmi milimetrům průměr zrcadla dvanáct, třináct centimetrů. Příliš tenká skla se odlepením víceméně zdeformují a jejich rozřezáním na menší díly, určené na menší zrcátka, nemusí ještě až tolik utrpět. Po rozřezání je lepší obdélníčky vyzkoušet na planaritě, dále pak opracovávat pouze ty, jež se jeví ještě jako dostatečně přesně rovinné. Meziskla musela být ovšem dostatečně okroužená a i u leštičů jsme museli dodržet shodné průměry, jinak by se nám dobré výsledky nedostavily. Nedožřeli-li bychom totiž průměr leštiče i jen o málo, uchovávalo by se naše zrcátko tvrdošíjně coby konkávní, či jen svým okrajem by bylo notoricky ohnuté vzhůru. Každé očekávání produkce dokonalých rovinných zrcadel z poměrně tenkého skla, prostřednictvím námi uvedené metody je, ve své podstatě, neoprávněné.

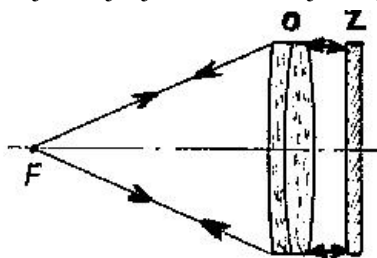


Obr. 28

Amatér nehodlající se blíže zabývat výrobou rovinných odrazných zrcátek a usilující jen o výrobu jednoho nevelkého odrazného zrcátka učiní nejlíp, využije-li k tomu postup metody výroby tří zrcátek z pět milimetrů tlustého skla o průměru maximálně desíti centimetrů. Jedno, tedy to nejrovnější, a snad i prověřené na nepřítomnost většího zbytkového pnutí pomocí interferenčního filtru, nechť pak z nich vybere, vyleští a z jeho střední části vyřízne vhodné velký obdélník odpovídající diagonálnímu zrcátku. To samo ovšem jeho kvalitu nezajišťuje. Zaručenější výsledek dosáhne sehnáním vhodného skleněného pravoúhlého hranolu. Po válce bývalo možné je zakoupit levně z kořistných zdrojů. Nutno však podotknout, že přeponové stěny těchto hranolů, tedy ty, jež by měly být co nejkvalitnější, u nich skoro nikdy přesně rovinné nejsou. Proto tyto hranoly dobře vyhovují v roli zenitových hranolů, umístěných blízko okuláru, neboť u nich se pro obraz každé z hvězd využívá jen nepatrná plocha z celku nepřesné rovinné odrazné plochy a tento moment kvalitu obrazu vlastně příliš nenarušuje.

I.18. Autokolimační zkoušení.

Každý optický systém kladné, čili *pozitivní* ohniskové vzdálenosti, například parabolické zrcadlové, či nejrůznější jiné sběrné objektivy, lze si prozkoušet autokolimačním způsobem. Uvedme zde jen princip zkoušek



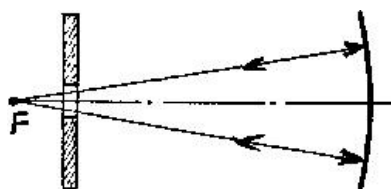
Obr.29

takového druhu. Je znázorněn na obr. 29. Co nejbližše za čočkový objektiv O umístíme přesné planární zrcadlo Z tak, aby optická osa objektivu byla přesně kolmá na toto zrcadlo. Do blízkosti ohniska F umísťujeme měřicí část aparatury Foucaultovy zkoušky, se štěrbinou osazenou světelným zdrojem, i s břitkem. Paprsky, vycházející v bodě blízkém ohnisku, projdou volně objektivem. V něm získají svou 'skororovnoběžnost' s optickou osou. Od rovinného zrcadla za ním se pak odrazí, a jako téměř rovnoběžné, vracejí se zpět k objektivu, přinucujícimu je sejít se opět a znova poblíž ohniska. Pak-liže je objektiv dosti kvalitní, tj. bez otvorové vady (neboť barevnou vadu při potřebě lze eliminovat monochromaticností světelného zdroje), je průsek paprsků lokalizován do jediného bodu přesně. Tím se Foucaultovou zkouškou vykáže shodné zhasínání, tedy současné a stejnoměrné, po celé ploše objektivu. Shodně s tím, jak tomu bývá i u sférického zrcadla poblíž jeho bodu křivosti. U čočkového objektivu používáme jednobarevný filtr, z nichž nejdostupnější je červený filtr RG 2. Lepší pak je typ RG 5. Takovou zkoušku popíšeme v kapitole o čočkových objektivěch podrobněji.

V případě Newtonova zrcadlového systému je nejvýhodnější zkoušet autokolimačně celý dobře vycentrovaný optický systém z jeho ohniska, neboť k tomu dostačuje umístění přesného rovinného zrcadla před vstupní pupilu našeho přístroje. Pozorovaná chyba bude ovšem znamenat složení chyb obou zrcadel. Jen v případě velmi dobrého parabolického zrcadla, a kvalitního diagonálního planárního zrcátka též, se zrcadlo zkoušené z jeho ohniska zatmívá současně a stejnoměrně. Stejný výsledek platí i pro Cassegrainův dalekohled, pro nějž je taková zkouška velice výhodná a objektivizující, neboť při ní hyperbolické sekundární zrcadlo musí superponovat s hlavním zrcadlem takovým způsobem, aby to vedlo k jednoznačně shodnému výsledku zatmívání hlavního zrcadla. O tom se dostatečně podrobně zmíníme na patřičném místě ještě později.

Důležité při tom je, aby takovými zkouškami využívané rovinné zrcadlo netrpělo samo zónami. Ty by se na výsledku zkoušky projevovaly vždy naprosto nepříznivě. Naopak sama přesná rovinnost zrcadla, pokud při tom samo vykazuje jen trend k malému sférickému zakřivení jeho plochy - vcelku třeba i o λ_D , již tak nezbytná není. Z dřívějšíka totiž již víme, že uváděné ne zcela rovinné zrcadlo by mělo být speciálně otestováno pomocí přesného sférického zrcadla. To dokáže jednoznačně určit i neexistenci zón, i trend k soustavnému sférickému zakřivení. Narozdíl od interferenční zkoušky, ta je naopak schopná neodhalit je vůbec!

Popsaná autokolimační zkouška parabolického zrcadla je výrazně dokonalejší, než zkouška měřením zonálních aberací z blízkosti středu křivosti jemu příslušné oskulační sféry. U zkoušky zonálních aberací, aplikované na velká či světelná parabolická zrcadla, totiž některé z referenčních zón zcela zanikají v hlubokém stínu a pozorovat je přímo snadné není. O to hůře dopadá pak ještě i jejich proměření. Z přesného proměřování celé plochy sice víceméně je odvozovat lze, pečlivost měření sama však za této situace nestačí. Ve stanovení konkrétních pozic na stínových obrazcích pak, i přes nejpřípustnější snahu, nepochodíme takřka vůbec.



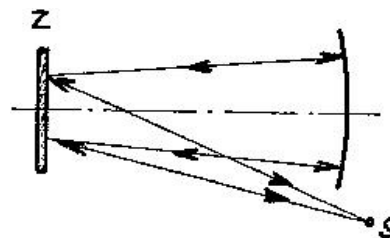
Obr. 30

2 až 3 cm v jeho přesném geometrickém středu obrysu (viz obr.30). Otvor se provede technologií vlastní Cassegrainovým dalekohledům. Bližší informace lze též vyhledat v kapitole, s nimi související.

Naproti tomu při autokolimační zkoušce se vyjeví i ty nejmenší zóny zcela markantně, a bez jakéhokoli vypočítání či proměřování, zcela na svém pravém místě. Tato vlastnost proto umožňuje tyto zjevné zóny retuší pak relativně lehce napravovat, přestože provedení zkoušky bývá náročnější, i obtížnější. Ztrátám odrazu na diagonálním zrcátku během autokolimace pro primární ohnisko parabolického zrcadlového objektivu lze zamezit až tak, že rovinné zrcadlo se přímo vyhotoví s pokud možno malým otvorem o průměru

Máme-li dílnu s rozměry zabraňujícími zkoušení dlouhofokálního zrcadla, můžeme použít k tomu přesné rovinné zrcadlo jakbysmet, což lze vidět na obr.31. V tom případě musíme naše rovinné zrcadlo vyrobit jako zcela mimořádně přesné, s absencí jakýchkoli zón. Je tomu tak proto, že tento způsob využívá dvojnásobnost ne zcela kolmému odrazu na něm, a proto je tato zkouška i mnohem citlivější, než samotná zkouška autokolimační,

jež byla právě uvedena. Uplatnění se případných zón pomocného zrcadla je proto až výrazně drastické. Kvalitním pomocným rovinným zrcadlem můžeme zkoušet dutá zrcadla až dvojnásobně velká. Jen nejdokonalejší planární zrcadla, všech zonálních vad prostá, jsou schopna při tom vyhovět. Jak jsme již výše uvedli, nepatrná soustavná křivost, konvexní či konkávní, oproti zónám, tu naopak vadit nebude.



Obr. 31

Kvalitní rovinné zrcadlo musí být, jak jsme již rovněž zmínili, navíc i postříbřené, ale především jako takové být i opětovně a svědomitě prověřené. Kvůli životnosti stříbrného povlaku je uchováváme ve vzduchotěsných schránkách a raději i s případnou ochrannou atmosférou proti působení vzdušné síry, i s tímto zapouzdřením vyzbrojené otáčivostí vůči vodorovné ose. Při všech zkouškách je pak navíc nanejvýše důležité, aby byly jak středy obou zrcadel, tak i světelný bod s nimi, v jedné vodorovné rovině. A především s ohledem na to si musíme zhotovovat i uzpůsobovat stojany, i veškeré naše další pomocná či přídavná vybavení dílny. Samozřejmě v tom případě, kdy v ní hodláme provádět fundovanější expertní práce.

I.19. Volit Newtonův, či Cassegrainův reflektor?

Jednoznačně odpovědět na otázku je nemožné, neboť zvážení výhod a nevýhod obou typů reflektorů, dává výsledek sumou obapolný. Někdy je výhodnější jeden typ, jindy druhý, zřídka naopak i oba spolu. Zvažte:

Předností Newtonova dalekohledu je jeho větší technologická jednoduchost, a to v každém ohledu. Průměr centrálního zastínění hlavního zrcadla se totiž dá u něj za jistých podmínek zmenšovat až na jednu pětinu, ba někdy až i na jednu osminu průměru hlavního zrcadla. Problém však nastává při relativně značnějším zvyšování světelnosti primárních zrcadel. Při nich se v konvergentnějším kuželi paprsků totiž začíná nejrušivěji projevovat zastínění sekundárním zrcadlem. Větší zrcadla se pro Newtonův systém dělají, s konstrukčním ohledem na krátkost tubusu, poněkud se světelností 1:5. Potom je získání větších zvětšení uskutečnitelné zpravidla krátkoohniskovými okuláry. Z nich se, pro tento účel, jako nejvhodnější ukazují orthoskopické okuláry firmy Carl Zeiss, Jena. Huygensovy okuláry se naopak pro běžné světelnosti zrcadel nehodí vůbec. Užit se dají i Kellnerovy, i monocentrické okuláry. Ty se však nevyrábějí s mnohdy potřebnými extrémně krátkými ohniskovými vzdálenostmi. Mnohé objekty můžeme lépe spatřit při malých relativních zvětšeních, nejlépe asi tak při 2- až 2,5-násobku, připadajícím na jeden centimetr průměru objektivu. Mám tu tím na mysli především mlhoviny, hvězdokupy, galaxie, Mléčnou dráhu atp.. Pohled větším zrcadlem na poslední uvedený objekt je, při naznačeném zvětšení, velkolepý. K tomu bývá vhodný světelný Newtonův dalekohled s poměrně velkým zdánlivým zorným polem, inklinující k malému zvětšení. Cassegrainův typ podobnou možnost takřka vylučuje.

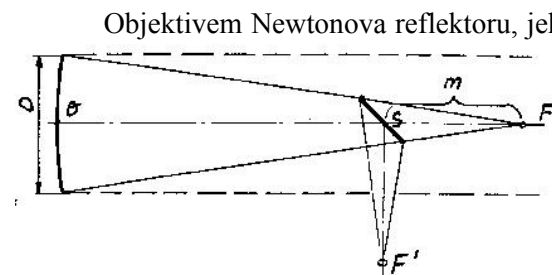
Pro fotografii planet je naopak vhodnější Cassegrainův reflektor. U něj případně můžeme dále zvětšovat výslednou ohniskovou vzdálenost systému Barlowovou čočkou, za niž postačuje použít i jednoduchou rozptylku. Krátkost ohniska Newtonova dalekohledu si, naopak, vyžaduje Barlowovu rozptylku nutně přísně achromatického typu, i s patřičně pro tento účel přesně stanovenými poloměry křivosti. Planety lze fotografovat za okulárem, komorou přímo na ně zaostřenou. Tím ovšem narůstají světelné ztráty a tak světelná účinnost objektivu nemile klesá. V daném případě se často zvýrazní optické vady, dodatečně vnesené do přizpůsobovaného celku.

Cassegrainův dalekohled však vyžaduje navíc, v porovnání s Newtonovým typem, zcela přesné provedení tubusu, včetně jeho nezbytných součástí. Rovněž justování je pro něj obtížnější a existuje nejspíše jen poměrně málo Cassegrainových reflektorů, v nichž je justáž, založená na vycentrování obou zrcadel, včetně okulárového výtahu, provedena přesně a s citem pro detail. Zvláštní potíže představuje též účinné odstranění rušivě působícího parazitního světla. Není-li vhodně provedeno, potíže zanesené tímto tzv. *bufflem* jak během denních aplikací, tak ale i za nočního pozorování, kdy naopak jeho nevhodná konstrukce zpravidla dokáže významněji omezovat viditelnost nejslabších hvězd, či málo kontrastních objektů, přináší častá znechucení. Navíc snižování centrálního zastínění primárního zrcadla, způsobované uzlem sekundárního zrcadla, aspoň pod jednu třetinu průměru hlavního zrcadla, je jen s obtížemi možné. Zastínění sekundárem, svým vlivem na snížení celkové světelnosti hlavního zrcadla tak podstatné ani není. Nepříznivou roli při něm hrají především způsobovaná zesilování ohybových jevů, jím zaváděná. Ta snižují nutně kontrast, i rozlišovací schopnost především zobrazovaných plošných objektů na obloze přesto, že se u bodových světelných zdrojů typu hvězd nemusí prakticky uplatňovat.

Významnou výhodou Cassegrainova dalekohledu je však zcela pochopitelně malá stavební délka tubusu, při současném dosažení velké délky výsledné, tzv. *efektivní ohniskové vzdálenosti optického systému*. To umožňuje snadné dosažení velkých zvětšení systému i běžnými Huygensovými okuláry. Běžné mikroskopické okuláry přitom se všeobecně nedoporučují, především pro jejich velmi častou technologickou pochybenost, natropenou během tovární výroby. Avšak: dosahovaná velká zvětšení dalekohledů s většími zrcadly berte za iluzorní, sama neposkytují zpravidla nikdy rozumná zobrazení, ba naopak, spíše výrazně snižují kontrastnost detailů viditelných při menších zvětšeních. Jen v naprosto výjimečných případech je reálně využitelné a rozumné velké relativní zvětšení s hodnotou od desíti- až patnácti-násobku na jeden centimetr průměru hlavního zrcadla. S větším průměrem objektivu navíc neúměrně rostou nároky na nezbytnost nízké úrovně atmosférického neklidu a jediné její maximální snížení, umožňuje rozlišovací schopnost objektivu plně využívat. Tedy tak, aby byla přímo úměrná teoretické hodnotě, odpovídající jeho skutečnému průměru. Bývá běžným pravidlem, že neklid vzduchu, únosný ještě u objektivu průměru desíti centimetrů, se může ukázat jako kriticky dominantní v objektivu příkladně třiceticentimetrového průměru. Platí přitom obecně, že při stejném průměru objektivu trpívají neklidem vzduchu spíše frontálně otevřené reflektory než refraktory, jejichž tubus bývá naopak velmi stroze uzavřen.

Uveďme konečně, že pozorování s Cassegrainovým dalekohledem bývá pohodlnější. U Newtonova dalekohledu se jeho umístěním na paralaktickou montáž může dostávat okulár i do skoro nepřístupných poloh.

I.20. Blíže k Newtonovu reflektoru.



Obr.32

což dává

Objektivem Newtonova reflektoru, jehož schéma vidíme zde na obrázku 32, je parabolické zrcadlo. Pro přístup k jeho ohnisku, je před ně umístěno do chodu paprsků rovinné zrcátko eliptického tvaru, odchýlené o úhel 45° . Tvar zrcátka je při tom takový, aby se paprsky rovnoběžné s optickou osou promítaly na rovinu k ní kolmou jako kruh. Poloosy elipsy jsou v poměru $\sqrt{2}:1$, přibližně tedy $1,4:1$. Je-li dána $SF = SF' = m$, tj. vzdálenost ohniska od středu odrazného zrcátka, pak malou osu eliptického zrcátka b určíme úměrou platnou z podobných pravoúhlých trojúhelníků $1/2b:m = 1/2D:f$,

$$b = mD / f . \quad (\text{I.20.1})$$

Zde D je průměrem hlavního parabolického zrcadla a f je jeho ohniskovou vzdáleností. Takové zrcátko ale zachycuje pouze konvergentní kužel všech původně souběžných s optickou osou jdoucích paprsků, tak jak vzniká po odrazu na hlavním zrcadle. Rovnoběžné, avšak s optickou osou nesouběžné paprsky, tedy dopadající na hlavní zrcadlo šikměji, např. ty z okraje Měsíce - prochází-li optická osa středem jeho disku, se všechny od takového zrcátka neodrazí, a proto bod okraje Měsíce, a stejně tak i každý mimoohniskový bod jeho ohniskové roviny, se projeví méně osvětlený, než kdyby v ohniskovém bodě ležel. Tím vzniká tzv. *vignetace obrazu*, u běžných amatérských pozorování prakticky neškodná. V situaci srovnávání jasnosti více hvězd ve větším zorném poli, či plošné jasnosti měsíčních krajín atp., se naopak stává vadou značně nepříznivou.

Kvůli odstranění vignetace musíme přiměřeně zvětšovat odrazná zrcátka. Pokud vyžadujeme plné osvětlení v bodě obrazu ležícím v kolmé vzdálenosti x od ohniskového bodu, ukazuje se jako nutné zvětšovat hodnotu výše spočtené malé osy přibližně o délku

$$\Delta b = \frac{2x(f-m)}{f} . \quad (\text{I.20.2})$$

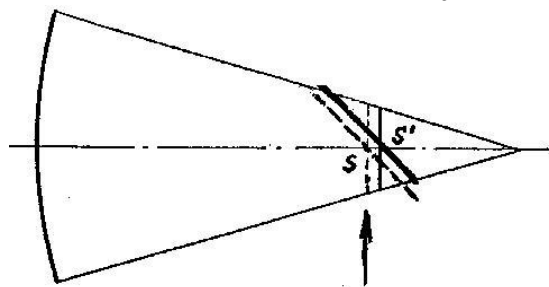
Přejeme-li si mít obraz Měsíce o úhlu $1/4^\circ$ prostý vignetace, potom poloměr jeho zobrazení x je při předem zadané hodnotě ohniska f roven

$$x = f \cdot \text{arcus}(1/4^\circ) , \quad (\text{I.20.3})$$

tu funkce arcus zajišťuje převod úhlové míry udané ve stupních na jejich hodnotu zadanou v obloukové míře, tedy v radiánech. „V ruce“ se převod provádí vynásobením původní úhlové hodnoty převodním faktorem $\pi/180^\circ$,

což pro jednotkový poloměr dává $x = \frac{1}{4}^\circ \cdot 1 \cdot \pi/180^\circ$ a po provedení výpočtu oblouk dlouhý 0,0044 jednotky délky. Vzorec pro Δb zahrnuje ještě symetrii kolem optické osy a korekci na polohu zrcátka $(f-m)/f$.

Přesně vzato, střed elipsovitého diagonálního zrcátka nemůže, nejen pro vysoce světelná zrcadla, ležet přímo na jejich optické ose, jelikož je kuželosečkou. (To lehce nahlédneme z obrázku 33. Redukcí jeho zrcadlu bližší velké poloosy ve sbíhavém svazku paprsků se optická osa neprotíná do jeho středu shodného se středem kruhové základny S , ale do S'). Ale pro pravidelnost ohybových jevů vznikajících na mechanickém uzlu diagonálního zrcátka je nutné, aby se odrazné zrcátko promítlo na hlavní zrcadlo jako soustředný kroužek, tedy s S na optické ose. To lze zajistit konstrukcí tubusu, umožňující posunutí zrcátka o malou hodnotu $(\sqrt{2} - 1) \cdot a/2$, reprezentující průmět vzdálenosti ohniska od středu poloosy, na osu okuláru, směrem k němu, a současně k primáru, v úhlopříčném směru. Při obvykle se vyskytujících světlostech parabolických objektivů se běžně od tohoto detailu v amatérské praxi upouští.



Obr.33

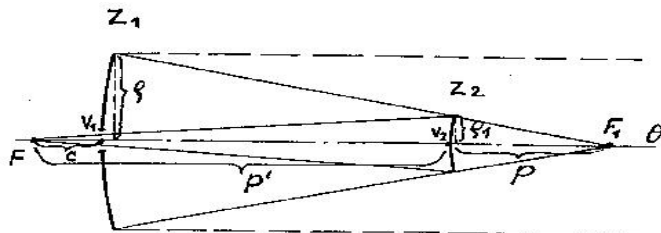
I.21. Blíže ke Cassegrainovu reflektoru.

Cassegrainův reflektor, jehož schéma je na obr. č.34 dole, patří nesporně k nejrozšířenějšímu druhu reflektoru. Je to způsobeno především krátkostí konstrukční délky potřebného tubusu, při níž se dosahuje implicitně značná výsledná ohnisková vzdálenost objektivového systému. Výhodou je pak zásadně zlevněná stavba jak reflektorů, u nichž počítáme s velikými průměry hlavních zrcadel, tak především i jejich kopulí.

Řádky rozvádějící zde blíže tento typ reflektoru jsou určeny těm amatérským astronomům, u nichž neexistuje ani výhledově možnost finančně či nabídkově si podobný přístroj zakoupit, i těm mnohým, kteří k jeho zajištění navíc postrádají i dostatečné technologické informace, nezbytné k své vlastní výrobě. Musím přitom předpokládat, že zapálený jednotlivce již získal alespoň základní orientaci i menší praxi v broušení a leštění malých zrcadel, a částečně též i v jejich parabolizaci. Víím o tom, že u nás o výrobě hyperbolických zrcátek, především pak o jejich figurování a zkoušení, nebylo napsáno takřka nic, neboť dosud zveřejněná orientační rozvedení opomíjela, se samozřejmostí jim vlastní, skoro i to málo z nejzákladnějších, i primitivnějších pokynů. Tuto látku zde pojednám důkladněji a uvedu i většinu pro praxi nezbytných výpočtů. Rozsahové omezení však zde nedovoluje odvození vzorců nalezených mnou, či jinými, ba ani těch, které jsou aplikačně nejpotřebnější. Ze stejného důvodu musím předpokládat též za samozřejmou i znalost základů teorie zrcadlových dalekohledů. V této kapitole jsem totiž nucen klást hlavní důraz, zásadně a především, jen na praktickou stánku příslušných technologií. Kdo splňuje příslušné podmínky znalostí francouzštiny, fyziky i matematiky, nevybočující z rámců gymnaziálního učiva, a má současně i zájem do teorie dalekohledů všech druhů hlouběji proniknout, tomu na tomto místě doporučuji, zcela upřímně, využít skvělou knihu francouzských astronomů Danjona a Coudera „Lunettes et Télescopes“ [1]. Potřebně utvrzuje teoretický nadhled. V ní však, z pochopitelných důvodů, nejsou zmíněny vlastní technologické problémy, či metody, ty pochopitelně, naopak již vůbec.

I.22. Objektiv Cassegrainova dalekohledu, jeho různé druhy.

Objektiv Cassegrainova reflektoru je tvořen dvouzrcadlovým systémem, u něž frontální zrcadlo Z_1 je duté (konkávní), a v němž je sekundární zrcadlo Z_2 vůči dopadajícím světelným paprskům naproti tomu vypuklé (konvexní). Poloměr křivosti R prvního zrcadla je v prvním přiblížení poloměrem koule, jejíž konkrétní vrchlík vlastně vytváří. Poloměr křivosti sekundárního zrcadla označujeme jako r . Na obr. č.34 jsme tyto triviální veličiny z důvodů přehlednosti nevyznačili. F_1 je paraxiální ohnisko zrcadla Z_1 a F potom značí výsledné paraxiální ohnisko celého objektivového systému. Všechny ostatní parametry na obrázku jsou zřejmé.



Obr.34

Z důvodů jednoduchosti popisu tohoto případu, předpokládáme kulový tvar obou zrcadel. Sledujeme dráhy paprsků vycházejících ze světelného zdroje, nacházejícího se teoreticky v nekonečné, prakticky však alespoň v dostatečné vzdálenosti, napravo na optické ose. Můžeme je tak považovat za alespoň vzájemně přibližně rovnoběžné. Při jejich současném postupu jsou po dopadu na primární zrcadlo Z_1 , nejdříve odraženy do ohniska F_1 . Avšak, dříve než do něj dorazí, jsou tyto paprsky opět odraženy, a to před ním umístěným konvexním zrcátkem, vzdáleným od něj o délku p . Toto sekundární zrcátko má vhodně zvolenou křivost r , a to přesně takovou, aby se při ní paprsky, jdoucí nyní novým světelným kuželem o výšce p' , opět setkaly, tentokrát již ve výsledném ohnisku (či v *efektivním ohnisku*) Cassegrainova objektivu F . To je díky středové perforaci hlavního zrcadla Z_1 lokalizováno tak, že se tímto optickým systémem postupující světelné paprsky na konci své aktivní dráhy na primární optické ploše ani zpět neodrážejí, ani nijak nevhodným průchodem skleněným materiálem jeho disku nelomí. Výsledné ohnisko F je tak umístěno do vzdálenosti c za odraznou plochu hlavního zrcadla Z_1 , a to zásadně ve smyslu chodu světelných paprsků.

Celý právě popsáný Cassegrainův objektivový optický systém je proto reprezentován výsledným ohniskem. Tento fakt konkrétně vyjadřujeme jemu příslušející výslednou ohniskovou vzdáleností f , jež je, jako taková, jen obtížně umístitelná do obrázku 34. Můžeme si ji názorně představit jako výšku světelného kužele paprsků pokračujících při cestě za bod F až do té vzdálenosti, v níž má jeho základna, tvořená průnikem s rovinou kolmou k optické ose, vnější obvod shodný s obvodem primárního zrcadla Z_1 . Jinak řečeno, tato výsledná ohnisková vzdálenost je vlastně právě p'/p krát protažená výška původního kužele sbíhavých paprsků hlavního zrcadla, tedy ohniskové vzdálenosti primáru, lokalizované za sekundárním zrcadlem, neboť logika věci zpravidla činí vzdálenost p' , díky odrazu na konvexním sekundárním zrcadle, citelně větší, oproti původní geometrické hodnotě p . Proto máme $f = f_1 \cdot p'/p = (R/2) \cdot p'/p$. Zlomek p'/p zveme zvětšovacím faktorem zrcátka Z_2 . Obvykle se volí hodnota rovná trojnásobnému prodlužovacímu faktoru. Obvyklá výsledná ohnisková vzdálenost cassegrainovského objektivu je pak trojnásobnou ohniskovou vzdáleností primárního zrcadla. To bývá parabolické. Běžná délka tubusu Cassegrainova dalekohledu tak obvykle je třetinová oproti délce tubusu Newtonova zrcadlového dalekohledu, vyšlého z prostého parabolického zrcadla o ekvivalentní ohniskové délce. Uvedené parametry jsou:

$$r = \frac{2pp'}{p' - p}, \quad f = \frac{R \cdot p'}{2p}, \quad d = \frac{R}{2} - p, \quad \text{kde } d \text{ je vzdálenost zrcadel.} \quad (\text{I.22.1})$$

Běžně se volívá hlavní zrcadlo světelné, tj. s minimální hodnotou 1:5, v ohledu na možnosti variability výsledné ohniskové vzdálenosti. Pro méně světelná zrcadla by totiž vycházela výsledná ohnisková vzdálenost buď přes příliš velká, či chtěli-li bychom ji zkracovat na přijatelnější mez, pak, vlivem malého zvětšujícího faktoru sekundárního zrcadla, by jeho velký průměr nepříznivě ovlivňoval samotnou funkci dalekohledu značným zcloněním primárního zrcadla. To by návazně navodilo nárůst difrakčních jevů nad žádoucí úroveň.

Příklady na jednoduchý propočet parametrů Cassegrainova dalekohledu, se zadaným průměrem zrcadla D dvacet centimetrů a s ohniskovou vzdáleností jeden metr, tj. o minimální světelnosti 1 : 5 :

1. Jaký bude poloměr křivosti konvexního zrcadla r a jeho vzdálenost od primárního ohniska, pokud jednou zadaná hodnota p musí být dodržena tak, aby výsledná ohnisková vzdálenost systému f byla třímetrová za současného oddálení výsledného ohniska o čtvrt metru za plochu hlavního zrcadla ?

Řešení: $p + p' = 100 + 25$

kde
$$p'/p = f/f_1 = 300 / 100 = 3 .$$

Tím jsme získali zvětšovací faktor konvexního zrcátka.

Proto $p' = 3 \cdot p$ a to dosadíme do levé strany rovnice předposledního řádku, což provedeno, nám poté dává

$$p + p' = p + 3p = 4p = f + c = 125 \text{ cm.}$$

Odtud užito je $p = 125 / 4 = 31,25 \text{ cm}$. Jelikož je $p' = 3p$ máme

$$p' = 93,75 \text{ cm}$$

a konečně nám zbývá spočítat r z prvé ze základních rovnic (I.22.1) jako:

$$r = \frac{2pp'}{(p' - p)} = \frac{2 \cdot 31,25 \cdot 93,75}{(93,75 - 31,25)} = 93,75 \text{ cm} .$$

2. Jak velký má být čistý průměr konvexního zrcátka $2\rho_1$ aby bylo schopné odrazit do výsledného ohniska všechny paprsky rovnoběžné s optickou osou?

Řešení: Platí úměra $\rho : \rho_1 = f_1 : p$ a po úpravě máme

$$2\rho_1 = 2\rho \cdot p / f_1 = 20 \cdot 31,25 / 100 = 6,25 \text{ cm.}$$

Ve skutečnosti ještě přidáváme asi tři či čtyři milimetry k spočtenému průměru sekundáru, kvůli zastínění sbíhavého svazku paprsků primárního zrcadla přesahující obrubou objímky a navíc ještě asi deset procent kvůli vykrytí zorného pole, tj. v sumě cca 11 milimetrů. U Cassegrainova objektivu je vignetace závislá ještě navíc na užitých clonách, omezujících parazitní osvětlení, přicházející pod malými úhly ze směrů tečujících obrubu sekundárního zrcadla.

3. O kolik se posune výsledné ohnisko přiblížením zrcadel o malou délku?

Řešení: Derivováním rovnice $p' = pr / (r - 2p)$, která je odvozena z první základní rovnice pro poloměr křivosti konvexního zrcátka (I.22.1), dostáváme

$$dp' = r^2 dp / (r - 2p)^2 \Rightarrow dp'/dp = r^2 / (r - 2p)^2 \quad (\text{I.22.2})$$

kde hodnota nalezeného zlomku pravé části 2.rovnice nám stanovuje násobek změny polohy výsledného ohniska Cassegrainova systému dp' , z malého posunu dp konvexního zrcadla z výchozí polohy. Připomeňme, že smysluplnost zlomku se zásadně váže jen k vhodné (dostatečně malé) změně polohy konvexního zrcátka.

I.23. Souvislost tvarů zrcadel u Cassegrainova systému.

Nemá-li Cassegrainův reflektor, jako systém konstruovaný ze zrcadel, trpět citelnou otvorovou vadou, potom obě zrcadla, vlastní jeho optickému systému, nemohou být současně sférická. Sférická zrcadla vyhoví totiž jen pro malé průměry a jim příslušejícím malým světlostem, hlavně primárního zrcadla. Víme již, že konstruovaný reflektor, odpovídající takovýmto požadavkům, by byl sotva smysluplný.

Odhlédneme-li od mimoosových vad systému je možné říci, že hlavní zrcadlo může být plochou takřka libovolného obecného tvaru konkávního konikoidu¹, především pak zploštělým sféroidem (rotační elipsoid vzniklý rotací této křivky kolem její malé osy) počínaje a hyperboloidem (s meridionálním řezem obsahujícím zcela optickou osu a prozrazujícím při tom i extrémní excentricitu příslušné hyperboly) konče. Ke každému typu libovolného obecného konikoidu hlavního zrcadla lze jednoznačně přiřadit odpovídající vyhovující tvar konvexního zrcátka. Přesto, že možné plochy by mohly být popsány i rovnicemi vyšších stupňů než druhého, omezíme se zde na tvary zrcadlových ploch stupně druhého, jež jsou snáze vyrobitelné. Z nich pak především na ty, jež trpí mimoosovými vadami co nejméně. O nich se zmíníme v dalším paragrafu a při potřebě je využijeme.

Uvědomme si proto, krátkým zopakováním, některé ze základních znalostí o optických vlastnostech dutých i vypuklých zrcadel, vzniklých rotací kuželoseček kolem jedné z jejich význačných os (hlavní nebo vedlejší). Optické vlastnosti určité zrcadlové plochy pak vyplynou hlavně z geometrických vlastností námi uvažované tzv. meridiální křivky, tj. průsečnice roviny, optickou osu obsahující, s šetřenou odraznou plochou.

1. Duté sféroidické zrcadlo je částí tělesa vzniklého rotací elipsy okolo její malé osy. Je tedy součástí rotačního elipsoidu zploštělého, rovněž zvaného sféroid. Otvorová vada pro paprsky rovnoběžné s optickou osou je za stejných podmínek absolutně větší než u koule a jako u koule je zásadně podkorigována což znamená, že okrajové (marginální) paprsky vstupujícího, mezi sebou rovnoběžného svazku a souběžného s optickou osou se protnou blíže k ploše, od níž se odrazily, než jak to činí paprsky středové (paraxiální). Pamatujme, že sféroidické zrcadlo je sféricky vždy podkorigovanější než zrcadlo sférické.
2. Duté kulové (či sférické) zrcadlo má tu vlastnost, že paprsky vycházející z jeho středu křivosti se po odrazu sbíhají opět přesně v tomto středu křivosti. Pro paprsky rovnoběžné s kteroukoliv jeho osou jeví se jako mírněji podkorigované než předchozí typ, tedy než podkorigovanější třída sféroidických zrcadel.

¹ konikoid (má původ v anglickém „conical crossection“), jde o rotační optickou plochu, symetrickou podle optické osy, jejíž meridiální řez je popsán algebraickou křivkou vyššího stupně než prvního. Je to obecná třída rotačních symetrických ploch s podtřídou sféro-/elipso-/parabolo-/hyperbolo-idů a sféry. Pozn.rev.

3. Duté zrcadlo elipsoidické, vznikající rotací elipsy kolem její velké osy, je částí tzv. elipsoidu vejčitého a má tu vlastnost, že paprsky vycházející z jednoho ohniska se sbíhají přesně v jeho druhém ohnisku. Pro paprsky s optickou osou rovnoběžné, je zrcadlo sféricky podkorigováno, a to méně než zrcadlo kulové.
4. Duté zrcadlo parabolické neprojevuje vůbec žádnou sférickou vadu pro paprsky rovnoběžné vzájemně mezi sebou, a současně i souběžné s jeho optickou osou (je tedy pro ně (přesně)korigované).
5. Duté hyperbolické zrcadlo je pro paprsky rovnoběžné s optickou osou sféricky překorigované neboť rovnoběžné paprsky s optickou osou, které jsou marginální, se protínají dále od odrazující plochy než paprsky paraxiální. Duté i vypuklé hyperbolické zrcadlo má tu vlastnost, že paprsky mířící do jednoho z ohnisek se odrazí přesně do druhého ohniska, jež této křivce je vlastně ohniskem doplňkovým. Tyto druhy zrcadel netrpívají proto žádnou otvorovou vadou pro libovolné přesně sbíhavé paprskové kónusy.

Popsané vlastnosti elipsoidických i hyperbolických zrcadel vyplývají z geometrických vlastností elipsy i hyperboly. Normála vždy pólí vnitřní či vnější úhel obou průvodičů. Přitom v každém jejich bodě je normála k nim zároveň kolmicí dopadu pro paprsek na zrcadlo v tomto bodě dopadající, navíc leží paprsek dopadající, odražený i normála dopadového bodu paprsku na odrazovou plochu v téže rovině. Zopakujme, že je důležité si uvědomit pro konkrétně daný poloměr křivosti existenci teoreticky nekonečně mnoha zrcadel sféroidického, elipsoidického i hyperbolického typu, ale pouze jediného zrcadla sférického a jediného zrcadla parabolického.

Je nutné zmínit i to, že tam, kde u elipsoidického a parabolického zrcadla mluvíme o dvou ohniscích, máme na mysli jen ohniska geometrická. Ohnisko fyzikální je jediné, neshodující se s žádným geometrickým ohniskem. Jde o bod v němž se protínají paraxiální paprsky. U dutého elipsoidického zrcadla je fyzikální ohnisko blíže k zrcadlu než geometrické. Pro konvexní hyperbolické zrcadlo je naopak jako bod protnutí se odražených paraxiálních paprsků po prodloužení, situováno dále za zrcadlem, než je lokalizováno samotné ohnisko geometrické. Jen u paraboloidu se poloha ohniska geometrického i fyzikálního shoduje.

Správnější bylo by udávat u zrcadel poloměr křivosti ve vrcholu a nikoliv ohniskovou vzdálenost, jež je, s výjimkou případu paraboloidu pro paprsky rovnoběžné s optickou osou, různá. Mimo paraboloidu lze u ostatních ploch proto mluvit jen o paraxiálním ohnisku. To leží vždy přesně uprostřed mezi vrcholem zrcadla a středem křivosti platným pro vrchol zrcadla. Čtenář, ovládající geometrii kuželoseček, si sám může lehce odvodit vlastnosti jiných typů zrcadel, z důvodů nevyužívání tu neuvedených, např. vypuklého zrcadla parabolického atp.

I.24. Mimoosové vady zrcadel.

Parabolické zrcadlo je v případě světelných paprsků rovnoběžných s optickou osou oproštěno od vady otvorové. Proto se tyto paprsky protínají jen v jediném bodě ležícím na optické ose, tj. v ohnisku. Obrazem velmi vzdáleného bodu optické osy bude tak jediný bod, pochopitelně za předpokladu, že neuvažujeme fyzikální efekty ohybu světla. Podobná situace však již ani zdaleka neplatí pro obrazy bodů ležících v nekonečnu, avšak od optické osy již dostatečně úhlově vzdálených. Paprsky oněch velice vzdálených bodů se po odrazu již v jediném bodě zdaleka neprotínají, vytvářejí však v ohniskové rovině malé plošky různých velikostí i tvarů. Tyto plošky jsou projevem různých vad. Z nich nejdůležitější jsou koma s astigmatismem.

Koma sama o sobě způsobuje, že namísto obrazu tvaru bodu vidíme jakýsi řetízek či malou kometku. Jev se průkazně zvýrazní úhlovým oddálením svítícího bodu ve směru kolmém vůči optické ose zrcadla.

Astigmatismus širokých paprskových svazků, tak zvaný mimoosový, způsobuje sám o sobě, že obraz bodu mimo optickou osu, je v určité obrazové rovině kolmý k ose, a blízké ohniskové rovině, zobrazen jako krátká úsečka. Přestavíme-li tuto obrazovou rovinu symetricky jako snesenou o určitou malou vzdálenost vůči ohniskové rovině zrcadla, pak obrazem bodu je zas krátká úsečka, ta však je k výchozí úsečkové deformaci kolmá. Ve středu distance obou těchto rovin najdeme obraz tvaru malé, rozšířenější plošky. S astigmatismem souvisí sklenutí pole, jež způsobuje stav v němž neleží v jedné rovině blízké ohniskové rovině ostré obrazy bodů, úhlově různě vzdálených od optické osy. Bližší šetření ukáže, že se naopak nacházejí na sférické ploše jistého zakřivení. Tato plocha bývá souměrná vzhledem k optické ose.

Konečně je třeba se zmínit o ještě jedné nepříjemné vadě optických systémů, a to o zkreslení. To způsobuje obloukovou deformaci obrazů přímk. Rozlišujeme buď poduškovité či soudkovité zkreslení, a to z analogie vzhledu obrazu předmětu čtvercového obrysu, jehož sám geometrický střed leží na optické ose.

I.25. Klasický Cassegrainův reflektor s hlavním zrcadlem parabolickým a se sekundárním zrcadlem hyperbolickým.

Takovou sestavu objektivu astronomického dalekohledu zpravidla označujeme důvodně jako „klasický Cassegrainův objektiv“. Jeho podstata je sama o sobě triviální. Vybereme-li za hlavní zrcadlo paraboloid, potom tento primární člen Cassegrainova objektivu vytvoří ostrý obraz nekonečně vzdáleného bodu v ohnisku F_1 na optické ose podle obrázku 34. Vložme proto před ohnisko F_1 vhodné konvexní hyperbolické zrcadlo tak, aby jedno z jeho ohnisek, a to to, jež je za jeho optickou plochou ve smyslu dopadajících světelných paprsků, souhlasilo polohově s F_1 . Potom druhé z ohnisek F_2 , zřejmě výsledné ohnisko této konfigurace Cassegrainova systému objektivu, se bude nacházet ve vhodné vzdálenosti za provrtaným otvorem v hlavním zrcadle, tedy na té straně optické plochy paraboloidu, na níž jeho jediné ohnisko F_1 neleží. Potom takovýto optický systém ani nemůže trpět otvorovou vadou pro vstupní paprsky dosti rovnoběžné s optickou osou.

I co se týče mimoosových vad, je tato kombinace dvou zrcadel velmi výhodná. V ní se koma ukazuje jako zcela nepatrná a je takřka ekvivalentní stavu příslušejícímu Newtonovu dalekohledu stejného průměru hlavního zrcadla a o shodné ekvivalentní ohniskové vzdálenosti s výslednou ohniskovou vzdáleností Cassegrainovu objektivu. Jen astigmatismus a sklenutí pole, jež zůstávají a jsou tak jeho hlavními optickými vadami, bývají navíc značně větší než jejich obdoba u Newtonova dalekohledu o ekvivalentní ohniskové vzdálenosti. Tyto vady však většinou neruší při určování malých úhlových vzdáleností od optické osy, např. fotograficky. Z tohoto důvodu se tento systém využívá velmi často u velkých astronomických reflektorů. Obvykle jsou reflektory navrhovány tak, aby byly použitelné ať už jako Newtonovy dalekohledy, anebo aby z nich, prostou záměnou diagonálního rovinného zrcátka za vhodné konvexní hyperbolické, spojenou vždy s nezbytnou justáží optického systému, bylo možné vytvořit některou modifikaci odpovídající vhodnému Cassegrainovu dalekohledu. Přitom právě v tvorbě kvalitního konvexního sekundáru je „zakopaný pes“. Sestrojení hyperboloidu je značně složitý úkol, zvláště je-li spojen s primárem o velkém průměru a současně zpravidla i značně světelným. O výrobě sekundáru, při níž se vychází z vypuklé sféry a vhodnými leštiči se přes vypuklé elipsoidy a paraboloid přechází za stálého ověřování autokolimační zkouškou až k optimálnímu, svou povahou unikátnímu hyperboloidu, by měla pojednat zvláštní kapitola. Těžkosti výroby však vedly k aplikacím snažších figur konvexních sekundárů, byť s vazbou na tím vynucenou změnu tvaru primáru. Těm dávám přednost. Hyperboloid samotný ponechávám přemýšlivým, trvají-li na parabolickém tvaru primáru.

I.26. Cassegrainův objektiv s hlavním zrcadlem elipsoidickým a se sekundárním zrcadlem kulovým.

Uvedená modifikace¹ se dá nejsnáze vyrobit a je proto nejvhodnější pro menší astronomické dalekohledy s průměry asi třiceti centimetrů, a samozřejmě i pro větší tehdy, neplánuje-li se též i využívání primárního ohniska hlavního zrcadla. Elipsoidické zrcadlo má pro vstupující rovnoběžné paprsky ve svém primárním ohnisku otvorovou vadu vždy. Jde však tradičně o vadu menší než činí odpovídající sférická vada stejně velkého sférického zrcadla. Vhodným sladěním s parametry sférického vypuklého sekundárního zrcadla je však zrušitelná zcela, produkují-li obě shodně velkou sférickou vadu, avšak opačného smyslu.

Nejdříve stanovíme a vypočteme odvoditelné optické parametry pro paraxiální Cassegrainův systém, pomocí základních rovnic platných pro paraxiální paprsky (jsou jimi poloměr křivosti primárního i sekundárního zrcadla R a r i vzdálenost d obou těchto optických ploch, případně i veličiny p a p') a poté si položíme následující otázku: Který ze všech možných konkávních elipsoidů má tu optickou vlastnost, jež mu umožní vytvořit optický systém prostý otvorové vady v kombinaci se stanoveným konvexním sférickým zrcadlem? Matematické odvození by bylo většině čtenářů méně srozumitelné, my se zde spokojíme proto s jeho převzatým výsledkem. Tím se naši hlavní úlohou stává přesné sestrojení primární elipsoidické optické plochy.

Elipsoid bude mít ve středu křivosti menší aberace než paraboloid o stejné oskulační křivosti R . Tyto aberace najdeme, pokud platné hodnoty podélných aberací pro paraboloid vynásobíme číslem η pro něž platí:

$$\eta = 1 - 16p^2(r-p)^2 / (r^3 \cdot R) \quad . \quad (I.26.1)$$

¹ U této formy cassegrainské konfigurace se zažil název, podle jiných nezávislých tvůrců, „dalekohled Dallův-Kirchhamův“. Pozn.rev.

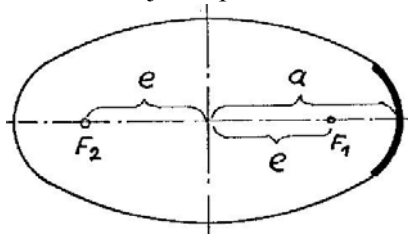
Takový elipsoid se sestrojí obdobně jako paraboloid stejného průměru i světelnosti hlavního zrcadla. Rozdíl spočívá snad jen v tom, že během jeho figurování proces parabolizace nedokončujeme zcela. Uvedený vzorec pro číslo η je dokonce dostatečně přesný i pro zrcadla velká a světelná.

Právě probíraný druh Cassegrainova dalekohledu lze vyrobit stejně lehce jako Newtonův reflektor o shodné velikosti i světelnosti hlavního zrcadla s hodnotami Cassegrainova objektivu. Během leštění kulového konvexního zrcadla je nutné postupovat již uvedeným způsobem a to tak, aby při něm získané odchylky od sféry byly praneapatrné. Náš dojem o přesně dosažené ploše kulového konvexního zrcátka však nemá ani zdaleka povahu jistoty. Způsoby jimiž lze vypuklá kulová zrcadla přezkoušovat však existují. Nejvhodnější je vyleštit konkávní protisklo jako první a střídáním jeho polohy s leštičem zajistit jeho co nejmenší odchylku od zadané křivosti. Leštíme při tom tak, aby duté sklo dávalo při Foucaultově zkoušce bezvadný výsledek své kulovosti. Poté naslepo vyleštíme konvexní zrcadlo. Dodržení jeho kulovosti je nezbytností. Již během leštění dbáme na to, aby jeho odchylky od již hotového kulového protiskla byly co nejmenší. Za podklad jeho leštiče užíváme samozřejmě jiné kulové sklo o stejném průměru a o zhruba stejném zakřivení.

Postup ověření se pak shoduje zcela s tím, jenž jsme poznali během prověřování rovinnosti planárního zrcadla. Zcela opatrně přiložíme naprosto čisté plochy dutého a vypuklého vyleštěného zrcadla na sebe a poté je jemně k sobě přitlačíme. Při vhodném světelném zdroji i uspořádání komponent se nám tímto postupem vytvoří již známé interferenční pruhy. S jejich pomocí snadno zjišťujeme relativní dutost či vypuklost našeho páru doplnkových zrcadel. To nám dává jakousi záruku i kontrolu. Cíl dosáhneme tehdy, jsou-li interferenční pruhy již zcela rovné i shodně vzdálené. Zde uveďme, že bližší úvaha o případu zcela shodných poloměrů křivosti připouští obloukovost pruhů o poloměru křivosti obou zrcadel, a nikoliv úsečkovitost. U běžných hodnot poloměrů křivosti i poloměrů zrcadel jde však o sotva patrný rozdíl kruhového oblouku oproti přímce. Přítomnou zonální vadu konvexního sférického zrcadla lze tím detekovat s jistotou.

Právě popsanou metodu však nelze využívat v běžné astrooptické praxi z důvodu nepřiměřené pracnosti, již si vynucuje. Ponejprv jsem způsob využíval, stále více jsem se však odvažoval spoléhat se na svou praxi vyvíjenou schopnost vytváření přesného kulového zrcadla způsobem naslepo, ať již konkávního či konvexního. Pečlivým prováděním prací jsem dociloval vždy úspěch v postupu o to zjednodušenějším. To stvrdily zkoušky této modifikace objektivu buď přímo na hvězdách, či objektivní metodou autokolimace.

Hlavní elipsoidické zrcadlo lze teoreticky přezkoušet samo, a to přímo Foucaultovou stínovou kvalitativní zkouškou, tj. bez proměřování zonálních aberací a tedy podobně, jak je to možné pro zrcadlo sférické. Základem pro to je již uvedená základní vlastnost elipsoidického zrcadla, že totiž paprsky vycházející z jeho jednoho geometrického ohniska se sbíhají naprosto přesně v jemu odpovídajícím ohnisku druhém.



Obr.35

Musíme zjistit vzdálenosti obou ohnisek od zrcadla znázorněných na obrázku 35. Pokud ε je zde numerická excentricita (či číselná výstřednost), pak pro velkou poloosu a a lineární excentricitu e platí

$$a = R/(1 - \varepsilon), \quad e = a \cdot \varepsilon, \quad (I.26.2)$$

přítom vzdálenost bližšího ohniska k vrcholu zrcadla je rovna hodnotě $a' = a - e$, vzdálenějšího $a'' = a + e$.

Ve skutečnosti jde o zkoušku velmi obtížnou. Umístíme-li do bližšího ohniska F_1 světelný zdroj v jemu patřičné vzdálenosti od vrcholu zrcadla, potom nám částečně bude zaclánět jeho středovou část. Případně může pozice ohniska F_2 být i značně vzdálená. Hlavní problém se však ukazuje v tom, že správné vycentrování zrcadla se značně ztěžuje. Seběmenší nepřesnosti nám totiž rušivě vnášejí výrazné mimoosové aberace. Obraz šterbiny bude ve vzdálenějším ohnisku F_2 , zvětšený přitom v poměru $k_1 = (a + e) / (a - e)$.

Pokud bychom umístili světelný zdroj do vzdálenějšího ohniska F_2 , což je případ rozhodně výhodnější, pak k odklonění světelných paprsků stranou bychom potřebovali velmi přesné rovinné zrcadlo s obvodem odpovídajícího eliptického tvaru, přesně podle zásad zmíněných v partii o Newtonově dalekohledu. Centrální zastínění bývá přitom značné. Je zřejmé, že obtíže s justováním zkoušecího optického systému by byly stejné. Přítom obraz šterbiny se naopak zmenší, a to analogicky podle vzorce $k_2 = (a - e) / (a + e)$.

Postup práce přitom bude následující: Na počátku Foucaultovy zkoušky, po dosažení kulovosti zrcadla, nalezneme v jednom z budoucích ohnisek elipsoidu stín při osvětlení zrcadla paprsky z druhého ohniska. Ten bude analogický stínu sféroidu (tj. sféroidický). Postupným prohlubováním ve směru k vrcholu primáru můžeme libovolnou z dříve uvedených parabolizačních metod dosáhnout při patřičné trpělivosti stav současného pohasínání celé plochy zrcadla shodně tak, jak tomu bylo v případě pozorovaném u Foucaultovy stínové zkoušky kulovosti sférického zrcadla. Mnohem pohodlnější je ale průběžně měřit, během figurování primárního zrcadla, velikost zonálních aberací budoucího elipsoidického zrcadla a snažit se o dosažení jejich co nejpřesnější shody s vypočtenými aberacemi, platnými pro zrcadlo optických parametrů, jež potřebujeme.

Hlavní elipsoidické zrcadlo Cassegrainova objektivu této modifikace lze tím vyhotovit i jako velice světelné, umožňující nám sestavení přístrojů velmi kompaktních a snadno přenositelných. Je samozřejmé, že se stoupající světelností tohoto zrcadla se neúměrně zvyšuje pracnost výroby jeho optické plochy. Couder považuje hodnoty světelnosti $1:3$ ¹ za ještě dosažitelnou hranici možné světelnosti pro parabolické zrcadlo vůbec, pod kterou jít snad již podle něj dosti dobře nejde. Sám jsem se přesvědčil, že pro nevelký průměr skleněného kotouče (konkrétně šestnáct centimetrů) lze rutinně zhotovovat velice dobrá elipsoidická zrcadla o světelnosti $1:2,5$ a pro deseticentimetrový průměr dokonce vyhovující zrcadla světelnosti $1:2$.

Sekundární zrcátko jsem volil tak, abych jím dociloval zhruba čtyřnásobné prodloužení primárního ohniska. Bezvadné zorné pole je poměrně omezené, zvláště v druhém případě, tj. světelnosti $1:2$. Pro vizuální pozorování to však až tak na závadu není. Úhrnem však vzato, reprezentuje výroba takových přístrojů tak vysokou pracnost, že především z ekonomického zřetele je podobný výrobní projekt jednoznačně zpochybně enormně vysokou výrobní cenou, nutnou ke krytí s ním spojených výrobních nákladů. Délka tubusu pro první uvedený Cassegrainův objektiv činí necelých čtyřicet centimetrů, pro druhý o průměru hlavního zrcadla deset centimetrů o světelnosti $1:2$ pak zhruba dvacet centimetrů. Zde by bylo namístě užití Cassegrain-Maksutovových, či Schmidt-Cassegrainových optických systémů².

I.27. Cassegrainův reflektor s hlavním zrcadlem kulovým.

O tomto typu³ se zde zmiňujeme jen na několika řádcích. Po optické stránce je totiž již nevýhodnější. Koma je u něj již velká. V důsledku především toho je i jeho ostré zorné pole odpovídajícím způsobem zmenšené. Sekundární zrcátko má vynucený tvar vypuklého sféroidu. Ten lze vytvořit poměrně jednoduchými způsoby z konvexní sféry jejím ubíráním směrem ke středu, analogicky s postupem platným pro konkávní paraboloid. Jako vhodná metoda se ukazuje ta již zmíněná, tj. využívání leštičů s postupně stále se zmenšujícími průměry. Kontrola zrcadla je dobře možná jen využitím autokolimační metody, tou se dá průběžně kontrolovat a tak i řídit průběh retuše konvexního zrcátka do předepsané správné sféroidické figury odpovídající optické plochy. Sama autokolimace si však vyžaduje vysoce kvalitní rovinné zrcadlo o průměru naneštěstí větším, než jaký obnáší průměr primárního zrcadla nově vytvářeného optického systému. Velká koma narušuje citelněji průběh práce a alespoň částečná eliminace této optické vady si vyžaduje již nezbytně dříve zmiňované spojení šterbiny světelného zdroje s testovacím břitem stínového přístroje tak, aby šterbina sama byla co nejbližší vytvořenému svému obrazu. Pro zvýraznění stínových jevů je nezbytné postříbřit jak rovinné autokolimační testovací zrcadlo, tak i kulové zrcadlo, patřící do sestavy této modifikace Cassegrainova objektivu. Postup Foucaultovy stínové zkoušky vychází na počátku prací ze zřetelného sféroidického stínového obrazce. Stav celého navrhovaného systému, s oběma zrcadly i přibližně sférickými, je svou podstatou podkorigovaný. Konec retuše musí cílit ke stavu stínové zkoušky se zcela současným zatmíváním celé plochy primárního kulového zrcadla, tj. odpovídajícímu podstatě autokolimace.

Shrneme-li podstatné skutečnosti právě řečeného dospíváme k závěru, že z nich *nejvýhodnější kombinací je ta, jež upřednostňuje Cassegrainův objektiv s optickou plochou hlavního zrcadla ve tvaru elipsoidu, korigovaného a priori vypuklým sférickým zrcadlem*. Je tomu jednak proto, že jde o optický systém komou ne značně zatížený, současně pak i proto, že technologicky je i nejnázne výrobitelný. Zdůrazňme však to, že řečené platí

¹ Dalekohled VATT na Mt. Graham u Tucsonu má primární parabolické zrcadlo o průměru 1,82m, vyrobené Mirror Laboratory Stevardovy observatoře pod vedením Prof. Rogera Angela, o fantastické světelnosti $1:1$. Pozn.rev.

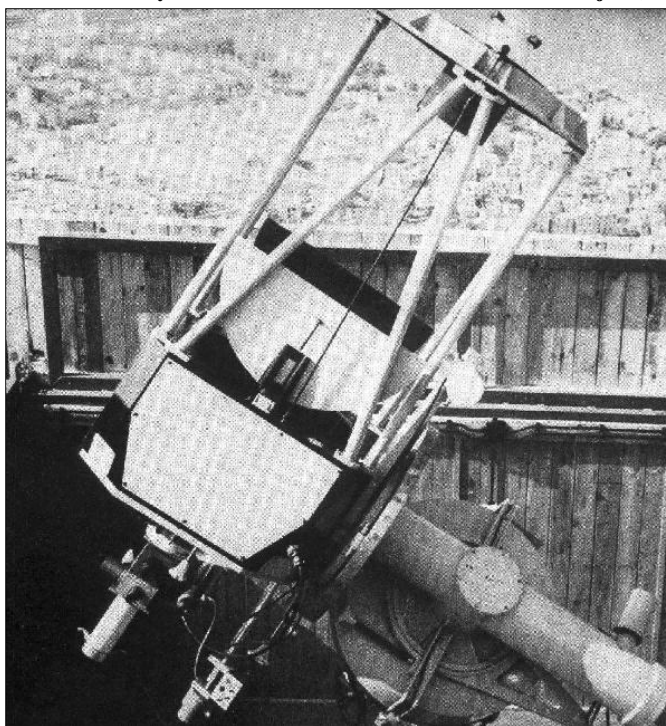
² Renomované světové optické firmy, především americké a japonské, vskutku od doby vzniku těchto řádek přešly na produkci amatérsky velmi přitažlivých optických systémů dalekohledů různých velikostí, doplněných exkluzivní elektronicko-mechanickou montáží i příslušenstvím, a známých pod jmény jako jsou Questar, Celestron, Meade atp. i inzerovaných hojně v amatérských astronomických časopisech Sky and Telescope, Astronomy atp.. Pozn.rev.

³ Tato forma Cassegrainové konfigurace bývá též zvana „dalekohled Pressmannův-Camichelův“. Pozn.rev.

uspokojivě jen v případech, v nichž se s přímým využíváním primárního zrcadla vůbec nepočítá. To nepřispívá k univerzálnosti využití pořizovaného (zvláště většího) astronomického přístroje, jež by měla být žádoucí, neboť pořizovací částka pro něj už bývá více než značná.¹



Nahoře jsou dva snímky 65tencentimetrového dalekohledu Astronomického ústavu Univerzity Karlovy, s optikou z rukou pana Gajduška, v odstupu čtvrt století. Prvý, vlevo, je z r.1960, z doby zahájení jeho činnosti na svém prvním umístění v pro něj těsně centrální kopuli Vojtěcha Šafaříka na pozorovací plošině původní Hvězdárny Žalov bratří Josefa a Jana Fričů v Ondřejově, v nynějším sídle Astronomického ústavu Akademie věd České republiky. Původní Clarkův osmipalcový refraktor z pozůstatosti Prof. Vojtěcha Šafaříka tam nevystřídal ihned, ale zaujal jeho uprázdněné místo až namísto Gajduškovy Schmidtovy komory 400/630mm o světelnosti 1:2, po dodání autorem optiky i knihy dílnou ústavu nikdy nezprovozněné. Zrcadlový dalekohled své konečné sídlo našel až v mnohem prostornější reparační kopuli Správy dálnice D1 z konce 70. let, poblíž kopule 2m dalekohledu. Její dispoziční řešení ukazuje snímek vpravo z r.1985, tj. z konce práce v uspořádání klasického Cassegrainu pro fotoelektrickou fotometrii. V současnosti je již po 20 let užíván jako jednozrcadlový parabolický objektív s CCD kamerou v pozici primárního fokusu k sledování a vyhledávání asteroidů, především přízemských objektů (NEO) a tzv. křížičů zemské orbity. Stav:20let štěstě vytižený prací.

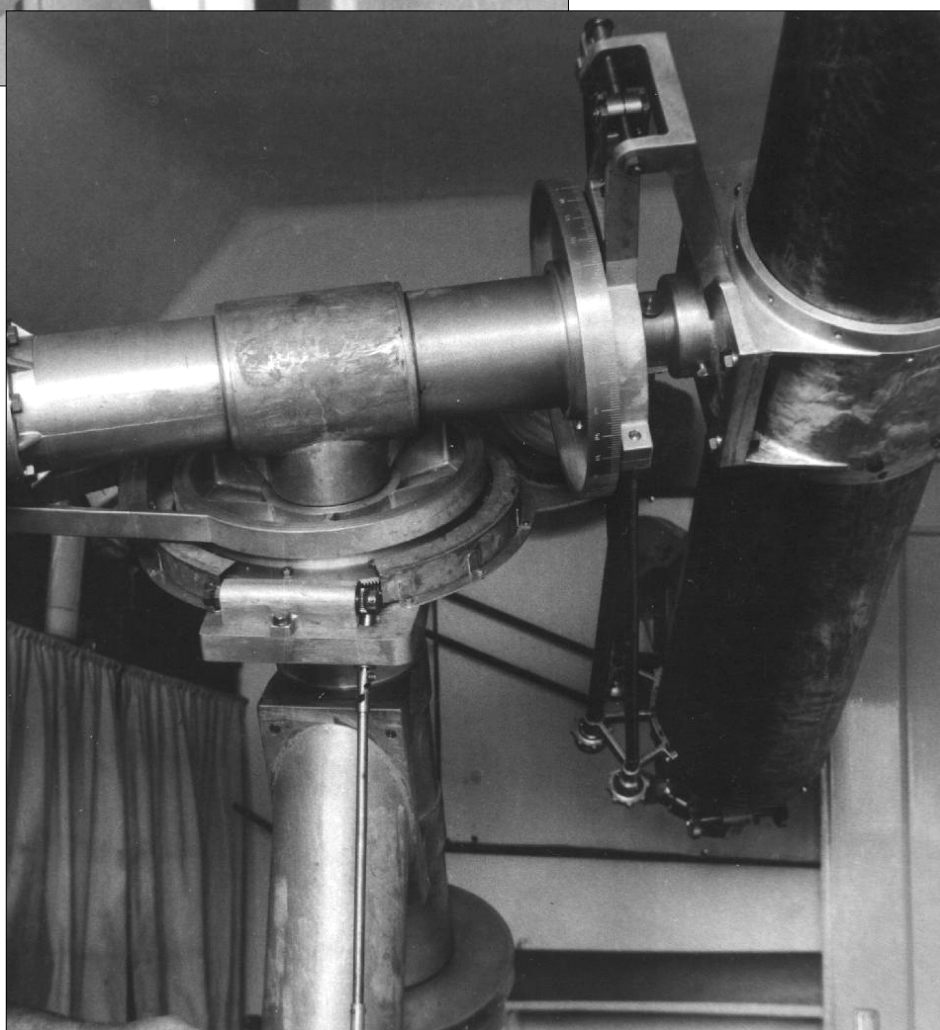


Vpravo je snímek druhé Gajduškovy ondřejovské 65tky, pořízený na bývalé jižní stanici Astronomického ústavu ČSAV na ostrovu Hvar tehdejší Jugoslávie (viz str. 131). Přístroj byl plánován jako cvičný spektrograf do západní kopule Jana Friče, ale nikdy takto nepracoval. Využíval se na úkoly fotoelektrické fotometrie a v konci 60.let byl přemístěn na jugoslávský ostrov Hvar v oblasti Chorvatska. Po konstituování Chorvatské republiky, stojí poblíž prvního Ritchey-Chrétienova dalekohledu světa univerzitní observatoře.

¹ Dnešní astrooptické technologie nabízejí široké třídy tzv. korektorů obrazového pole, jak pro využití v primárních ohniscích teleskopů, tak i u vícezrcadlových objektívů, z nichž cassegrainské jsou jen podtřídou. Zkušenost s jejich dodáním máme v naší skupině Astrofyziky vysokých energií, narozdíl od kletské hvězdárny, vysoce tristní (viz úvodní úvahová partie Především dalším na str.3). Pozn.rev.



Sestavování ustanovky a jemného pohybu deklinační osy refraktoru 200/3000 mm pro LH ve Ždánicích v říjnu 1962. Optiku vybrousil prof. Ing.V.Gajdušek, autorem mechanické části je pan F.Kozelský (snímky z jeho minidílny, viz níže, též str.76).



Krásný detail křížení rektascenční a deklinační osy, i dispoziční řešení náhonu šneku pro hodinové ozubené kolo do Ždánic.

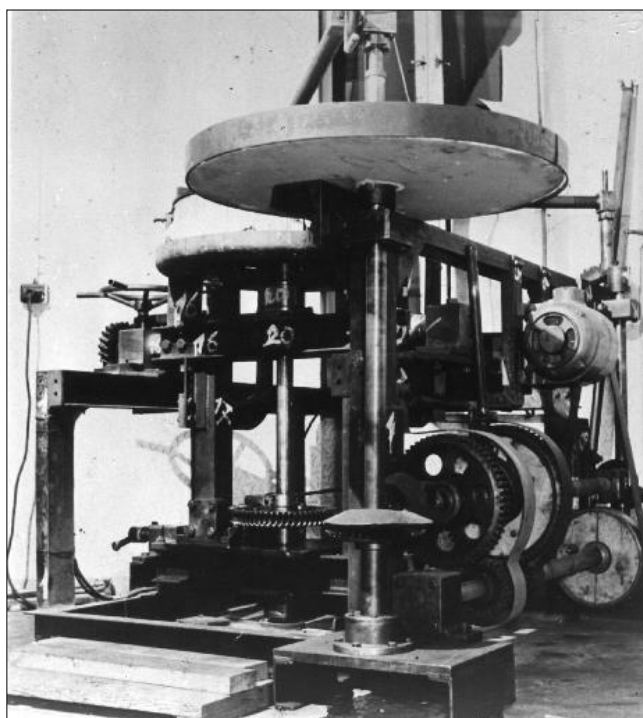
II. Astronomická zrcadla velkých průměrů.

II.1. Moje zkušenosti s broušením zrcadel velkých průměrů.

I ten, jemuž se zdařilo dokonale zvládnout techniku broušení zrcadel do průměru třiceti centimetrů, naráží při broušení zrcadel o průměru nad šedesát centimetrů na nové těžkosti, zdolatelné jen vlastní praxí, či převzetím znalostí předchůdců, pokud oni sami však byli ochotni se o ně se začátečníkem podělit.

Příčina nových obtíží tkví totiž v tom, že technologie výroby zrcadel nad šedesáticentimetrový průměr si vyžaduje již patřičné ohledy a k nim přizpůsobované zvláštní, a pro počínajícího ještě nenavýklé, pracovní postupy. Vyvolává je hlavně neúměrně vzrostlá váha skleněného disku. Ta se stává dominantní.

Předně, bez vhodného strojového vybavení již zastaneme máloco. Vhodný brousicí stroj se tak stává na prostou nutností a jeho stavba, spolu s výrobou příslušných nezbytných brousících misek i leštičů, si vynucuje podporu i spolupráci některého většího strojírenského podniku. Bez pochopení a ochoty Vítkovických železáren n.p. Ostrava-Vítkovice, bych podobné práce nemohl vůbec ani začít provádět. Nedostatek místa zde umožňuje



Obr.36

jen stručný nástin stroje, i když by si, nesporně, zaslouhoval podrobný článek. Z obrázku 36 si snad můžeme učinit alespoň uspokojivou hrubou představu o jeho konstrukci. Vzorem při ní byl pro mne brousicí stroj prof. Ritcheyho, popsán jím v článku [2]. Můj spolupracovník pan František Kozelský, coby technik jmenovaného závodu¹, zhotovil podrobné strojnické výkresy z mých nákresů budoucího brousícího stroje. Měl i hlavní dozor nad příslušnými výrobními pracemi. Stroj je konstruován na zrcadla do průměru 65 centimetrů a po menší úpravě umožňuje provádět práce až do průměru osmdesáti centimetrů. Díky mým předchozím zkušenostem s brousícími stroji na výrobu zrcadel o menších průměrech, se nový stroj osvědčil již od počátku jako velmi dobrý. Žádné dodatečné úpravy již nebylo nutné po nasazení stroje zvažovat². Poznamenejme ještě, že oproti vžitým představám je takový brousicí stroj až nepochopitelně hrubé strojní zařízení a tak přesnost výbrusu, jím dosahovaná, je jistým anachronizmem. Ta je totiž svou povahou stroje odvozena z přísné technologie brousícího i leštičícího procesu, jež sama je jeho zárukou, a už vůbec ne takřka jakýmsi „záračným skřítkem“, či „kolem štěstí“ jakéhosi zá-

Váha hmoty skla, určeného k výrobě tak velkého zrcadla, si žádá, aby disk z ní vyrobený, a příliš těžký, ležel zásadně vespod, tj. dole. Svou vlastní vahou nesmí ani nevhodně zdeformovat sama sebe, ale ani používané své brousící či leštičící misky. Spodní poloha zrcadla způsobuje i to, co je typické při výrobě velkých zrcadel. Jejich broušení i leštění takřka výhradně využívá misky a leštiče jen menších průměrů, oproti udanému průměru vytvářeného zrcadla. Jelikož standardně jde o enormní nárůst hmoty obráběného skla, jako špatného vodiče tepla, odráží se to též v neúměrných požadavcích na udržování stejnoměrné, stálé teploty nejen pracovní místnosti, ale i právě obráběných lokalit jeho optického povrchu. To ale neúměrně protahuje i dobu nezbytnou k vyrovnání teplot a tím i k ustálení dilatačních změn tvaru skleněného díla. Což je o to více v rozporu se stavem navozeným dosud nepodstatným krátkodobým, a jaksi pro nás fakticky stále jen bezvýznamným leštěním. Časové ohledy jsou neúprosně vynuceny jak samou citlivostí optických zkoušek - ty našťastí zaručují determinovanost výsledku práce, tak i naprostou nezbytností dosahování co nejdokonalějšího kontaktu mezi leštičem a figurovanou optickou skleněnou plochou. Bez splnění poslední podmínky lze sotva vyrobit dokonalou rotační optickou plochu, tzv.

¹ a později i realizátor manu skriptu z autorova rukopisu k této knize a návazně na to i sám její významný spoluautor. Pozn.rev.

² Brousicí stroj získal Ing. J. Zicha v 60. letech m.s. pro Vývojovou optickou dílnu Astronomického ústavu ČSAV v Turnově (nyní VOD ÚFPI AV ČR Turnov). Po záměně novými technologiemi jej, již vyřazený, převezl pan Jiří Drbohlav do Rtyně v Podkrkonoší. Pozn.rev.

figuru. Zakusíme jistě i řadu potíží ze souvislostí věcí. Zkusíme je postupně popisovat, a též i objasňovat a vysvětlovat.¹

Zrcadlo spočívá v brousícím stroji na tlusté ocelové desce ne přímo, nýbrž leží na dvaasedmdesáti symetricky uspořádaných podložkách z pórovité gumy, z nichž každá má rozměr asi $3 \times 3 \times 1$ centimetr. Jde o způsob zajišťující nezbytné symetrické podložení zrcadla. Po straně na zrcadlo přiléhají tři olověné destičky (úhlově mezi sebou vzdálené o 120°), jež lze přitlačovat na zrcadlo zcela lehce pomocí tří postranních šroubů, procházejících úhelníky, připevněnými zespoda do podložné ocelové desky, nesoucí zrcadlo. Deska se zrcadlem se otáčí na svislé ose z měkké oceli, nesoucí ozubené kolo, do nějž dosedá hnací šnek. Pohon šneku zajišťuje elektrický motor o výkonu tří kilowattů a k umožnění volby dvou různých úhlových rychlostí zrcadlového mechanického celku slouží, pro předurčené otáčky hnacího šneku, pouze dva převody.

Deska nesoucí budoucí zrcadlo, osa se šnekovým kolem, i celek přiléhajícího šneku, jsou vmontovány do robustního rámu, otočného kolem vodorovné osy. V důsledku toho se dá celý rám i se zrcadlem sklopit točně o 90° tak, aby budoucí optická osa zrcadla mohla být ustavena pomocí klopných čepů v ložiscích jako náležitě vodorovná. To nám umožňuje především Foucaultovu stínovou zkoušku, i další nezbytné optické práce a šetření. Brousící a leštící misky jsou posuvné dvěma excentrickými pákami po nastavitelných elipsách s různými poloosami nejen pro střed, ale i mimo střed zrcadla. Jsou opatřeny kulovým kloubem a vodícím táhlem tvořeným trubící, spojujícím je s vodící pákou. Obě páky jsou vyváženy tak, aby na misky nijak, a především pak přes ně na zrcadlo samotné, proměnlivým přitlakem netlačily. Zatěžování misek je zásadně nezávislé na tomto vyvážení. Samostatný stáčivý pohyb misek jsem opustil, neboť by návazně komplikoval konstrukci brousícího stroje a v případech ne příliš velkých zrcadel je postradatelný aspoň tehdy, jsme-li důslední v dodržování dále uvedených, náležitě vysvětlených, pravidel.

Nejdříve popíšu princip i průběh procesu broušení. Hrubé broušení šedesáticentimetrového zrcadla jsem zahajoval podle šablony předsoustruženými železnými miskami o průměru 25 cm. Miska se do konce hrubého broušení moc deformuje, lze-li o její deformaci vůbec hovořit. Po vybroušení důlku cca průměru 40 cm jsem přešel k další, podle šablony přibližně předsoustružené, železné misce průměru 40 cm. Provádíme-li celé broušení železnými miskami, je nutné je opakovat „ozdravovat periodickým zabrušováním s doplňkovou dutou železnou miskou“. Což je práce zdoluhavá obzvláště tehdy, nebyly-li vyrobeny dosti přesně. Proto se mi ukázalo jako nesrovnale rychlejší, ještě do dosažení okraje zrcadla prostřednictvím výbrusu, zaměnit železný materiál misek za sklo. Zhruba shodná odolnost materiálu skla zrcadla i misek přináší neocenitelnou výhodu dosažení libovolné křivosti budoucího zrcadla. Kotouč skla o průměru čtyřiceti centimetrů o tloušťce cca tři a půl centimetrů je schopen se zabrousit do pár hodin. V hrubém broušení jsem pokračoval do plného výbrusu plochy o žádoucí křivosti, až k okraji zrcadla a bez problémů.

Ale pozor! Skleněnými „miskami menšího průměru“ libovolně měníme poloměr křivosti zrcadla. Pohybuje-li se taková miska totiž blíže jeho středu, zrcadlo se prohlubuje. Pohybujeme-li miskou naopak víc u jeho obvodu, budoucí zrcadlo tím zplošťujeme. Nejdůležitější věcí je zkusmo nalézt takovou střední pracovní polohu misky, s níž si naše plocha, za stále práce v jejím nejbližším okolí, již svou křivost zachovává. Tím se poloměr křivosti zrcadla nebude sebemíně měnit, naopak zůstane stejný. Chceme-li však dosahovat pokud možno povrch ve tvaru přesnější kulové plochy, nezbytně musíme neustále měnit střední vzdálenost brousící misky od středu zrcadla, a rovněž tak i měnit čas od času poloosu elips, jež střed misky opisuje na opracovávané ploše zrcadla. Při jemném broušení posunujeme brousící misku asi o pět až sedm centimetrů na obě strany, od její již zmíněné a zcela empiricky nalezené střední vzdálenosti od středu zrcadla. Vždy po desíti minutách dáváme novou dávku karborunda tak, aby se co nejstejněměnněji rozptýlovala po zrcadlové ploše, vodu přidáváme až poté. Postupně jsem používal zrnění karborunda čísla 24, 60, 100, 200, 400 a pak plavené zrnitosti dvou-, 6ti, 12ti a 25ti -minutové. Při plavení frakci jsem vycházel ze zrnitostí číslo 400 či 600. Za přecházení k jemnějšímu druhu zrn, je samozřejmostí zcela precizní pečlivé očištění jak misky, tak i zrcadla samotného. Před použitím zrnění 25timinutového karborunda je to zásadně ten výslovně nejvýznamnější proces. Pro něj nestačí pečlivě očistit pouze zrcadlo s miskou. Neměli bychom se nijak vyhnout zcela důkladnému očištění jak celého brousícího stroje, tak i celé místnosti, v níž naše broušení provádíme. I kdybychom je prováděli celý den, nebude to nijak mnoho práce navíc a, ruku na srdce, každopádně se nám to i vyplatí. Škrábance naší optické plochy vznikají zpravidla v závěrečné etapě broušení, tj. tím nejjemnějším karborundem. Nebezpečí poškrábání vzrůstá i víc než úměrně s velikostí opracovávané plochy.

Dokonalé vybroušení menšího zrcadla nebývá obtížné. Pod vedením dobrého odborníka se mu lze brzy naučit, stačí alespoň částečné technické nadání. Vybrousit však dokonale velké zrcadlo, to je již výkon hodný úcty

¹ V kursu broušení zrcadel (zima 1960-1) mně pan Profesor nabídl, abych si brousící stroj vzal domů, že s ním končí. Nešlo to, chtěl jsem studovat astronomii, i přes kádrové fiasko pohovorů MFF UK v r. 1960. Po zmínce o tom mi radil, ať si ji nechám co konička, jinak že to dobře nedopadne a astronomii mi pak zhnusí. Nechápal jsem tehdy, ani teď. Vzpomínám naň s láskou i nostalgií značného věkového rozdílu a rád, že i takto. Pozn.rev.

a též i kus poctivé řemeslné práce. A právě tuto fázi amatéři zpravidla dosti dobře nezvládají. *Má celoživotní profesní praxe naznačuje, že většina dobrých amatérů zvládá mnohem dřív parabolizaci zrcadel, než jejich dokonalé vybroušení a vyleštění. Jde o produkt jejich nedostačujícího metodického vedení během počátků této činnosti.* K tomu, aby se někdo stal umělcem, nezbyvá, než se ze všeho nejdříve stát ve svém oboru dokonalým řemeslníkem. Tak, jak tomu bývá i v malířství, sochařství, architektuře atp.

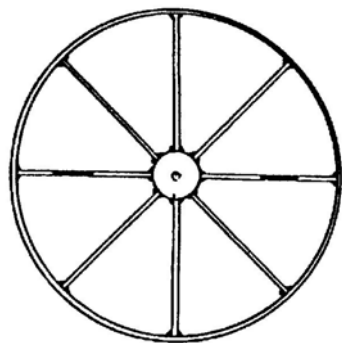
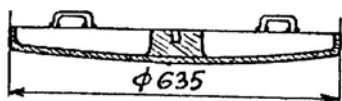
Broušení každým druhem karborunda zabere okolo pěti hodin. Tuto relativně dlouhou dobu, pokud ji srovnáváme se situací broušení zrcadel malých průměrů, si lze vysvětlovat logicky i tak, že brousíme s miskou o ploše asi dvakrát menší oproti celkové ploše zrcadla, a že i rychlost při broušení musíme zvolnit též asi na polovinu. Bylo by jistě výhodné opatřit naši skleněnou brousící misku po provedení hrubého výbrusu vhodnými drážkami trojúhelníkového průřezu, které by navíc byly od sebe vzdálené asi tak tři až čtyři centimetry. Podobně jak je to zcela obvyklé u leštičů. Každý optik ví dobře ze zkušenosti, že nejjemnější zrnění karborunda plaveného nad dvacet minut nedokáže „zabrat“ tehdy, pokoušíme-li se jím brousit již jednou lesklou plochu. Ověřte si to sami na dvou rovných a lesklých sklech pokusem o jejich vzájemné nezabrusitelnosti „pěťadvacítkou“. „Zabere“ však spolehlivě tehdy, opatříme-li brousící misky drážkami. Drážky může dát trojhranný pilník na karborundu číslo 100, i když obtížně. V čistém svědomím jsem toho nechal, jistý si svým odhadem, že práce postoupí, přes značné své zpomalení, úspěšně i bez nich. Předpoklad mi vyšel. Vím však o tom, že rýhování misky dobu výkonu uspíší a výsledek dá optickou plochu navíc přesnější, i jemnější.

Změřením plochy zrcadla sférometrem o průměru dvaceti centimetrů, po hrubém i po polojemném broušení, si lze dodatečně ověřit okamžitou jen hrubou kulovost zrcadla, u okrajů plošší oproti jeho středu. Užival jsem k tomu znamenitý sférometr tohoto průměru z rukou pověstného jemnomechanika Izery. Při používání kovových misek lze zřejmě tuto diferenci ještě snížit. Pokračujeme-li dále v broušení stále jemnějšími frakcemi, nabere zmíněná diference trend ústupu, až ji pro zcela jemné frakce sférometrem již vůbec nepostihneme. To ale vůbec nedokazuje, že již nemůže existovat, byť snižena. Nemůžeme pochybovat o tom, že popsáním způsobem vybroušená plocha ještě kulová není, tedy v přesném smyslu. Zde tkví i příčina vzniku mnou soustavně nacházené vyvýšené zóny vyleštěných zrcadel. Jen velmi světelná velká zrcadla (pro velké Schmidty komory) vykazala neprodlený vznik přesných kulových ploch.

II.2. Leštění zrcadel velkých průměrů.

Profesor Ritchey popisuje zhotovování velmi pevných a lehkých leštících misek, či leštičů, aplikací překližky. Po důkladném pročtení jsem nenalezl ani chuť, ani důvěru, něčeho podobného i já podstupovat. Jím podané zhotovování leštících misek se předem dalo odhadnout jako proces s typickými rysy zdlouhavosti.

Upřednostnil jsem zhotovování leštičů ze železného plechu 8 mm tlustého. Pan Kozelský je vylisovával, na pracovišti jím vedené dílny „Dna kotlů Vítkovic“, o patřičném zakřivení a s okraji zahnutými vzhůru, dokonce navíc opatřené dvěma držadly „tvaru uší“. Pevnost leštičů zvyšovala navařovaná výztužná žebra. Obrázek 37 ilustruje zadní stranu misky průměru 635 mm. Tato miska přes svou vysokou pevnost není těžká, váží jen asi 20



Obr.37

dlo středně hustou červeň (pařížskou rouge) a misku velmi opatrně na zrcadlo pokládáme. Ve středech je současně

kg. Manipulace s ní je ale bez pomocníka nemyslitelná. Též její přesné povlékání stejnou vrstvou příslušně tvrdé smoly nebývá zrovna nejjednodušší věcí, jakož i její konečné přivádění do dokonalého kontaktu se zrcadlem. U toho zdaleka již nevystačíme se způsoby běžnými pro výrobu zrcadel průměrů menších. Z příčin uvedených zde dále, jsem využil kombinace smolného podkladu krytého dobře známými voštinami (mezistěnami) z včelařského vosku. Postup je: Miska spočívá v poloze na obou uších, tedy obrácená svou vypuklou stranou směrem vzhůru. Co nejrovnoměrněji ji zahřejem zdola, např. velkým plynovým kahanem. Pak na střed misky vylijí asi 3 kg roztavené smoly, ta rovnoměrně pokryje celou misku a z okrajů misky necháme její nadbytek zpomalovaně stékat. Vše se pak ponechá vychlázet, ale máme předem připravené pruhy voštin asi čtyři centimetry široké, cca 65 cm dlouhé v takovém množství, že lze jimi pokrýt celou misku. Ve chvíli teploty smoly jen vlahe, ale stále dosud plastické (tj. kdy prst do ní tlačící v ní dosud svede vytvořit důlek), klademe na ni postupně vedle sebe tyto pruhy voštin, s mezerou o šířce asi 1/2 cm, a současně je rukou podélně mírně přitlačujeme. Na ohnutém okraji misky je však naopak přitlačujeme silou, přebytek od něj pak jemně odřízneme. Poté nanese na zrcadlo

zatěžujeme, asi tak dvaceti kilogramy. Zatěžovací železné kotouče mají mít středový otvor k postupnému navlékání na příslušný trn misky. Po několika hodinách polohování misku ze zrcadla sundáme. Jsou-li voštiny již po celé ploše zatlačené, vyřežeme žiletkou v mezerách mezi pruhy cirkulační drážky pro cirkulaci červeně, dodatečně je pak ještě doplníme drážkami na ně kolmými. Poté misku tlačíme za studena k zrcadlu naloženou zátěží po celý den. Výhoda právě popsaných misek spočívá v možnosti urychlování jejich „formování“ zahříváním jejich zadní strany plynovým kahanem, za probíhající rotace stolu se zrcadlem. Zahřívání aplikujeme na jejich celou zadní plochu co nejstejně, a po dobu asi patnácti až dvaceti minut, než mírně zteplá. Ne ale příliš! Pak ji hodně zatěžujeme a ponecháváme v klidu po celou noc. Druhý den prohlížíme voštiny. Smolu vtlačenou do drážek oddalujeme žiletkou. Náš pomocník přitom drží misku svisle anebo tak, aby byla ve směru k nám mírně nakloněná a aby se odstraňovaná smola do voštin již nenavracela. Tento proces opakujeme několikrát potud, pokud nezajistíme co nejlepší kontakt vznikajícího leštiče se zrcadlem. Lépe nás o tom může informovat zhruba desetiminutové naleštění zrcadla tahy s délkou asi jedné třetiny poloměru. Naleští-li se nám zrcadlo celé, může naše leštění pokračovat. Pokud je smola správně tvrdá, potrvá nám formování misky až několik dnů. Na počáteční leštění užíváme suspenzi leštící červeně dost hustou. Leštíme eliptickými tahy, o velké poloose maximálně rovné jedné třetině poloměru zrcadla. Každých deset minut misku pomocí spolupracovníka sundáváme a leštící červeně obnovujeme. Poté zaměňujeme alespoň o něco délku velké poloosy, střídavým postupným zkracováním a prodlužováním, vůči původní délce, a to po každých deset minut, mezi výměnami leštící červeně. Zrcadlo očistíme ještě jednou po půl hodině a sledujeme, zda se opravdu počalo leštit stejně a celé. Není-li tomu tak, přerušíme leštění okamžitě a podle uváděného postupu misku k zrcadlu co nejpoctivěji znova opakovaně „tlačíme“.

Leštěte bez přerušení, ale nejvýš po dvě hodiny, a délku výkyvů jedné či obou pák stále měňte tak, jak jsem již výše uvedl. Vždy po deseti až patnácti minutách misku odstraňujeme a poskytujeme novou dávku červeně zcela řídké. Přitom neodstraňujeme růž již využitou. Novou růž roztíráme štětcem, a co nejrovnoměrněji, jak je to jen možné. Přitom co nejdříve pokládáme misku zpět na zrcadlo a bez užití tlaku červeně pomocí krouživých tahů roztahujeme celoplošně co nejstejně. O alespoň částečné nadlehčování leštící misky by se při tom měli snažit nejlépe dva spolupracovníci.

Technika leštění na včelařských voštinách není nijak jednoduchá a snadno při ní mohou vzniknout pokažené optické plochy. Smola musí být tvrdá, leštící červeně řídká, tedy s většinou vody a jen se ždicem růže. Musíme také dbát toho, aby docházelo k neustálé a pomalé rotaci leštiče vzhledem k zrcadlu. Za správně dosaženého kontaktu se miska otáčí vůči zrcadlu opačným směrem pomaleji, s dobou otočky zhruba jedné minuty. Ta je tedy značně delší, než činí doba jedné otočky zrcadla. Poznáváme to nejlépe pomocí nalepených papírových značek na okraj leštiče, i zrcadla. Někdy se naopak leštič otáčí ve směru souhlasném se směrem otáčení zrcadla, někdy nejvíce naopak zřetelnou tendenci otáčet se vůbec. To zřejmě závisí na přilnavosti misky k zrcadlu. Za takové situace bývá nutné rovnoměrně otáčet leštičem do toho směru, v němž jeho odpor cítíme se jevit jako menší. A v tom nám skvěle napomáhají železná žebra misky. Jelikož pohyb leštiče je vůči zrcadlu velmi pomalý, je dosti dobře možné, že místa s větším množstvím červeně se zdržují po delší dobu na téměř stejné pozici zrcadla a to se proto následně o něco více vyhloubí. To bude asi pravou příčinou vzniku občas pozorovaných nepravidelných astigmatických diferencí. Proto se raději spoléhejme na samovolný pohyb misky vůči zrcadlu a rukou pohyb misky urychlujeme tak, aby při tom docházelo k pokud možno rovnoměrnému protáčení leštiče. Po první fázi leštění, tj. asi po dvou hodinách, a po několikahodinovém vychládání zrcadla jako celku, provádíme první a jen informativní Foucaultovu stínovou zkoušku zrcadla z jeho středu křivosti. Před započetím dalšího leštění, jež odsouváme na příští den, musí spočívat příslušně zatížený leštič (asi dvaceti až třiceti gramy na jeden čtvereční centimetr zrcadla) po mnoho hodin na zrcadle, nejlépe pak přes celou noc. Velká výhoda voštinového leštiče spočívá právě v té jeho vynikající vlastnosti, že ani po několika dnech k zrcadlu nepřisychá. K přilepení nedochází nikdy, je-li ale dostatečně smočen vodou i růží. Při leštění na prosté smole by bylo zapotřebí misku přec jen občas pohnout a přidávat vodu. Řečeno jinak, o smolný leštič bychom museli pečovat pozorně po dobu šesti až sedmi hodin. Bylo by snad možné uvažovat o využití hustší červeně, spojeném se zábranami proti výparu vody, což u zrcadel menších průměrů bývá poměrně snadné. Kromě toho je důvodné podezření, že zrcadlo nacházející se při husté červeně v dobrém kontaktu s leštičem, přestává samo v takovém kontaktu být po příslušném, avšak především po návazně potřebném naředění její suspenze vodou. Toto nebezpečí je dobře pochopitelné. Avšak eventuálně nastálé přischnutí, k němuž by za takové situace skoro jistě došlo, dostává vpravdě podobu naprosté katastrofy. Druhou výhodou voštinového leštiče je, že dobrý kontakt se jím snadněji i rychleji docílí. Skutečná plocha přímého kontaktu voštin se zrcadlem bývá jen malá, díky typickému povrchu šestihranných základů buněk. Jen velmi tenké a malé stěny šestihranů znásobují účinek zrn červeně v nich utkvělých.

Uvědomme si ale, že leštění na včelařských voštinách způsobuje, že, velmi časté zleštění okraje. To je způ-

sobováno, zvláště v našem případě, především tím, že zrcadlo má standardně polohu dole a že leštící miska bývá naopak výlučně polohována shora. Stejně však jsem toho přesvědčení, že na zleštění okrajů se podílejí hlavně eliptické vodící tahy leštic. Dovožuji to z toho, že u velkých zrcadel, při popisovaném technologickém postupu, podle mé zkušenosti, se zleštění až půlcentimetrového okraje, bohužel, nevyhneme. U menších zrcadel, s průměry okolo třiceti centimetrů, je za stejných podmínek, leští-li se rovnými krátkými tahy přes střed, zleštění okrajů patrně jen ztěžka. Nepochybně by za leštění krátkými přímými tahy okraje mihn trpěly. Vytvoření ostrých zón by se dalo zabraňovat změnami délek tahů od jedné třetiny do jedné pětiny poloměru zrcadla. Po vyleštění zrcadla bychom měli každopádně pokračovat v jeho leštění ještě dále pomocí velmi osvědčené metody červení přibarvené vody, a to jako obvykle, ještě po několik hodin.

II.3. Foucaultova zkouška velkých zrcadel.

K provedení Foucaultovy zkoušky je potřebí zrcadlo sklopit podél vodorovné osy tak, aby jeho optická osa byla rovnoběžná se zemí. Hlavní potíž této zkoušky spočívá v tom, že při ohniskové vzdálenosti kolem tří metrů, nejčastější pro zrcadla s průměrem šedesáti centimetrů, je zapotřebí užívat místnost o čisté délce zhruba osmi metrů. Jelikož moje optická dílna má největší rozměr jen šest metrů, byl jsem nucen používat velmi přesné rovinné zrcadlo o průměru sedmadvaceti centimetrů. Tím jsem paprsky odchyloval šikmo zpět a pak je odkloňoval od polohy kolmé k zrcadlu jen tak, abych velké zrcadlo sám nezastiňoval.

Pomocné planární zrcadlo se přitom ukázalo být zdrojem vážných nesnází. Nároky na jeho přesnost jsou enormní, což jsme již dříve uvedli. Světelné paprsky se při své cestě od světelného zdroje ke zkoušenému zrcadlu, a nazpět k oku, odrážejí od něj nadvakrát. Případné chyby na něm se tím přenášejí na výsledný stínový obrazec hlavního zrcadla a mohou pak být dokonce až zdvojnásobené. Znova si uvědomme již dříve uvedené, že totiž toto pomocné zrcadlo nemusí být bezpodmínečně rovinné. Víme již, že malý soustavný sklon k jeho konkavitě, či konvexitě, na závadu našeho měření vpravdě není. Důrazně jsme však již na příslušném místě apelovali na to, aby toto rovinné zrcadlo bylo zaručeně zcela prosté všech zón (paragraf I.16, str.38-9) a I.18 str.41-2). Přitom sama interferenční zkouška rovinného zrcadla s dokonalým menším planárním zrcadlem k jejich odhalení zdaleka ještě stačit nemusí. Např. domněle bezvadné pomocné rovinné zrcadlo se mně ukázalo jako závadové, a to existencí několika nevýrazných zón, až po následné citlivější zkoušce přesným rovinným zrcadlem. I to jsme v kapitole o technologii výroby rovinných zrcadel (I.16, I.17) rovněž zmiňovali, stejně jakož i další návazné nesnáze, pokud pokovení pomocného zrcadla není kvalitní. To nelze pominout právě pro dvojnásobný odraz na jeho rovinné ploše při zmiňované modifikaci Foucaultovy zkoušky. Po pokovení neopomeňte si je opět pečlivě přezkoušet. Metoda vakuového napařování odrazné vrstvy hliníku, nezohledňuje-li dodatečnou technologii naší potřebu, pravidelně naším cílům nevyhoví. Ze zkušenosti doporučuji proto pomocná zrcadla postříbřovat. Sama povaha stříbrícího procesu dává záruku lepší rovnoměrnosti odrazné vrstvy.

A stálost teploty zkušební místnosti je další nezanedbatelná potíž. Jistě lze pomýšlet na Foucaultovu zkoušku v souvislosti s parabolizačními pracemi kdykoliv, tedy i během topného období. V souvislosti s nimi se však nejspíš projeví těžké obtíže. K vytápění jsou nejvhodnější plynová, elektrická či jiná kamna, opatřená teplotní regulací tak, aby teplota mohla být stabilizovaná v rozmezí maximálně jednoho či dvou stupňů Celsia, a to po dlouhou dobu. Vytápění musí však být stálé, tedy i v noci, neboť teplotní vyrovnávání podchlazeného velkého zrcadla na pracovní teplotu místnosti 18°C trvá až neskutečně dlouho, v porovnání s rychlou změnou teploty okolního vzduchu po zahájení vytápění. Uvědomme si naši zkušenost, že většina předmětů zůstává ještě nadlouho poté citelně podchlazená. Proto bývá lepší provádět leštění a figurování velkých zrcadel během letního období, kdy teplota místnosti běžně vyhovuje úrovni alespoň 18°C, a bez nutnosti vytápění. Okna místnosti by měla být nevelká a směřovat na severní stranu, místnost by pokud možno neměla být rohová. Za takových podmínek se i přes opakovanou denní střídání venkovní teploty udržuje v místnosti stálá teplota, či její případná nevyhnutelná změna je jen velmi pozvolná. Běžně užívané teploměry mají poměrně značnou tepelnou setrvačnost a reagují na náhlé změny teploty jen velmi pomalu. Obě zrcadla je nutné chránit dřevěnými stínítky především před účinkem sálavého tepla. Přesto teplota v místnosti nebývá stejnoměrná a ukazuje se, že obvykle stoupá při postupu od podlahy ke stropu. Při úplném klidu místnosti jsou izotermie ve stavu vodorovných ploch. Stačí však nevelký pohyb, příkladně jediný náš průchod před zrcadlem, a způsobí takové rozvíření vzduchu, že provádění citlivé zkoušky je na delší dobu zcela znemožněno. Foucaultova zkouška jako taková je proto sama o sobě nesmírně citlivou zkouškou homogenity vzduchu ve zkušební místnosti. Pokud bychom prováděli Hartmannovu zkoušku, způsobovalo by vodorovné teplotní rozvrstvení vzduchu zdánlivý osový astigmatismus, jenž jsem pozoroval za podobných podmínek i u menších zrcadel. Byl snadno evidovatelný okulárem.

Jako velmi rušivé se ukazuje i pouhé osvětlení běžnou výkonnou osvětlovací žárovkou s výkonem 150 až 200 Wattů. To jistě stvrdí vám každý, kdo vyrobil větší kvalitní rovinné zrcadlo. K tomu, aby se interferenční

pruhy, charakteristické při užití srovnávacího planárního skla, znatelně pokrřivily, stačí opravdu nepříliš dlouhodobé osvětlení zkoušecí neónovou výbojkou. Při zkouškách kulových zrcadel se příslušná deformace navíc svou částí projevuje změnou poloměru jejich křivosti, druhá část pak způsobuje i změnu korekce. Pokovená zrcadla přitom nejsou ani zdaleka tak citlivá. Jako jistě prospěšné pravidlo platí: aplikujme vždy úplné zatemnění místnosti a výhradně orientační osvit kapesní svítilnou poté, kdy jsme si vše potřebné přichystali dopředu tak, aby nám bylo k Foucaultově stínové zkoušce po ruce, a kdy i samotným sklopením zrcadla do měřicí polohy jsme dosáhli všechny předpoklady k jeho nutnému, ale i dobrému ustavení. Do doby plného uvědomění si toho, se mi totiž neustále v malé míře měnily mnou naměřené hodnoty z bezprostředně opakovaných měření. Charakter těchto změn se však citelně snižoval během letní sezóny, přestože nikdy zcela nevymizel. Rovněž zvláštní bylo, že po ponechání zrcadla za stejné teploty i po mnoho hodin (i desíti) v poloze vodorovné, se po jeho náhlém sklopení do polohy svislé k proměření, mnou naměřené hodnoty přesto měnily v závislosti na čase a já jsem musel čekat alespoň půlhodinu než jejich ustálení nastalo. Dospěl jsem proto k názoru, že obě vyjmenované zvláštnosti nepravidelného kolísání naměřených hodnot v čase souvisí s tím, že ani za takřka ideálních podmínek během léta nebývá vzduch v místnosti naprosto homogenní. Zvláště tomu není tak tehdy, je-li dílna vybavena kamennou podlahou. Proto i v letní době, zdánlivého ustálení, existuje v ní již popsané tepelné rozvrstvení vzduchu zhruba ve směru vertikálním, a z toho i pomalý pohyb různě teplých vzduchových mas, přibližně ve směru horizontálním. Každopádně nejsou *hodnoty naměřené při Foucaultově stínové zkoušce na zrcadlech velkých průměrů, přes veškerou opatrnost i péči, tak přesné jako u zrcadel průměrů malých, u nichž jsou právě popsané vlivy zanedbatelné. Ukazuje se, že proto je u velkých zrcadel nutné v každém případě měřit několikrát a získané hodnoty vhodným způsobem zprůměrovávat.* Uvědomme si, že každý pohyb rozvíří vzduch a ten se poté, kdy k tomu došlo, jen velmi pomalu a těžce ustaluje. Proto je nutné mít tato fakta na paměti vždy a v měřicí místnosti pobývat co nejvíce v klidu. Tedy místností by se nemělo přecházet prakticky vůbec po nějakou dobu před, ale hlavně za průběhu měření samého. A už vůbec by se nemělo vycházet ven a v zápětí vcházet dovnitř!

Navíc, pozoroval jsem efekt velmi znatelného překorigování zrcadla za většího poklesu teploty, tedy asi o dva stupně Celsia za hodinu. Alespoň takové teplotní změně jsou denně vystavována prakticky úplně všechna zrcadla astronomických observatoří, jak během postupu do nočních hodin, kdy jsou tudíž citelně překorigována, a opačné změně podléhají dále při postupu do ranních hodin, kdy pravidelně bývají naopak podkorigována. Z toho plyne poučení, že *u zrcadel z běžných druhů skel nemá valného smyslu dosažitelnou přesnost jakkoli přehánět, např. retuší.* Vyniká tak význam upřednostňování praktického nasazení zrcadel z materiálů pro ně vhodných, tj. s koeficienty tepelné roztažnosti, majícími hodnoty co nejnižší.

Sklo BK3 má tento koeficient, oproti zrcadlovému, či korunovému sklu, zhruba poloviční. Skla Tempax, Pyrex jsou na změny teplot ještě míň citlivé. Oproti zrcadlovině mají totiž tuto hodnotu skoro třetinovou. Jen tak si dokáží vysvětlit neustálé a jinak nepochopitelné změny měřených hodnot krátce po sobě Foucaultovou zkouškou i s dokonale teplotně vyrovnaným dílem ze zrcadloviny. Vše ustalo jakoby švihnutím kouzelného proutku po záměně pomocného planárního zrcadla zcela dokonalým rovinným zrcadlem o průměru dvaceti centimetrů z Tempaxu, spojeným s posvěcováním si pouhou kapesní svítilnou před a během stínové zkoušky. Nutná doba k vychladnutí, i pro krátce trvající retuš, je u obyčejného zrcadlového skla asi sedm hodin. Po sklopení do svislé polohy čekáme aspoň půl hodiny. Z toho je jasné, jak nesmírně zdoluhavý proces se pouhou parabolizací velkého zrcadla vlastně spouští. Na tempaxovém kulovém zrcadle průměru 63,5 centimetrů, mnou zhotovovaném, jsem objektivně poznal citelnost zkrácení všech „dosaváde nekonečných čekacích dob“.

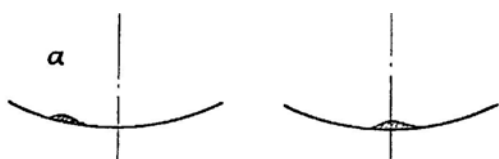
Co je na velkých zrcadlech vskutku nejnepříjemnějším faktorem? Nesporně je to obvyklost jejich špatného vychlazení z počátku závěrečné fáze jejich tepelné výroby. Disky pak nebývají prostě dosti značných zbytkových pnutí. Za mechanického obrábění se pak ono přítomné *latentní zbytkové pnutí* rozvolňuje v jím postiženém skle, zpravidla ale nerovnoměrně. Vyjevuje i tendenci jistě setrvačnosti skla k původnímu tvaru. V důsledku toho skleněná retušovaná plocha mívá sklon po korekci stále měnit svůj tvar, i po dokonalém ustálení teplot, a to v důsledku onoho uvolňovaného zbytkového pnutí. Provedené korekce zón se časem zpravidla zmenší, což je charakteristická vlastnost zbytkového pnutí. Ale projev se může dostavit až dodatečně, i po několika dnech. A nastane-li to, pak se tyto přibylé odchylky nedosažené korekce musí dodatečně velmi promyšleně eliminovat.

Bylo vskutku nutné upozornit na aspoň těchto pár aspektů práce se zrcadly velkých průměrů předem, tedy ještě před popisem Foucaultovy zkoušky samé. Ta je, jak již dobře víme, základem figurování zrcadel. „Masku“ pro stanovení středů křivosti jednotlivých proměřovaných zón zhotovujeme nejlépe z lesklé tuhé lepenky tak, aby proměřovací zóny pokrývaly zrcadlo zcela, od jeho obvodu až po střed. Ten naši maskou zakrýváme. U ohniskové vzdálenosti třímetrové volme šířku zón přes osmnáct milimetrů, tj. dvoucentimetrovou. Šířka zón je běžně jedna třisetina až dvousetina poloměru křivosti zhotovovaného zrcadla, pochopitelně při ohniskové vzdálenosti zrcadla kolem 300 centimetrů.

Ve všech případech zrcadel s menší světelností, tj. 1:5, ukazovala provizorní měření, prováděná po čtyřech hodinách leštění, tvar zrcadla přibližně parabolický, ale mírně podkorigovaný. Vždy byla zjevná vystouplá zóna. První zkouška při leštění zpravidla ukazuje na tvar zrcadla někde mezi koulí a paraboloidem, s vystouplou zónou. I po jedné hodině leštění se figura zrcadla téměř nezměnila. Původ vystouplé zóny bylo tak nutno hledat v samotném broušení. Jen nejsvětelnější zrcadla Schmidových komor při leštění bývala zón prostá.

Ve dvou případech zrcadel světlosti 1:3,7 byla plocha bez zón a jen s nevýrazným sféroidickým stínem. Použijeme-li velmi jemné a třikrát plavené karborundum 25tminutové v posledním stupni po plaveném karborundu frakce 12tminutové, potrvá samo leštění zhruba čtyři hodiny. Nejjemnějším druhem je však třeba brousit jemně asi po sedm hodin. Docilovaný tvar zrcadla se během celého leštění měnil jen velmi nepatrně. U prvního ze zrcadel trvalo leštění asi dvacet hodin. Ritchey používal při konečné fázi broušení velmi jemných smirků, a to 60tminutových i 120tminutových. Leštění zrcadla mu proto běžně zabíralo dobu asi čtyř hodin. Jsem toho názoru, že užívání velice jemných smirků zkracuje celkovou dobu nutnou společně na broušení i na leštění, ale jen nepatrně. To, při existujícím dodatečném značném riziku poškrábání výsledné zrcadlové plochy těmito frakcemi zrnění - tak charakteristickém pro nejjemnější smirky, je věc názoru. Při leštění na včelařských voštinách je výskyt škrábance naopak jevem zcela výjimečným.

Odstranění zmíněné vyvýšené zóny snadným problémem není ani zdaleka! Profesor Ritchey k němu dokonce navrhuje leštič zvláštního tvaru, a aplikovaný na vršku zóny. Pokus mi však prokázal, že oním způsobem



Obr.38

Ukázala se nutnost zásadního řešení. Zrcadlo bylo podkorigované. Kritickou zónu jsem ignoroval a parabolizaci upřisobil. Výsledek byl poté již zcela dokonalý.

došlo jen k jejímu posunu více ke středu zrcadla a navíc i ke vzniku dalších, velmi úzkých zón. Z toho bylo zřejmé, že vystouplá zóna má jiný tvar než byl ten, s nímž se setkával Ritchey. Oba případy znázorňují na obrázku 38, kde případ a) je případem většiny Ritcheyho. Odstraňování takové zóny prodlužovaným leštěním, jako u malých zrcadel, ukázalo se být zcela beznadějně. Snižovat zónu lze stíráním její původní ostrosti.

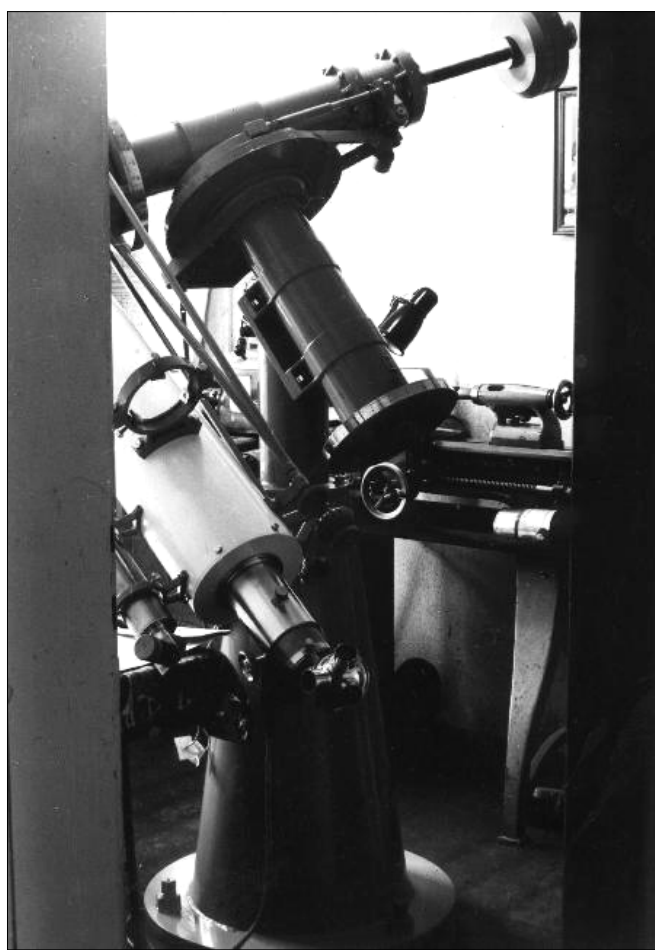
Především z tohoto důvodu zde popíši onen postup. Je vlastně totožný s již popsaným způsobem parabolizace postupně zmenšujícími se leštiči. Popsaným způsobem parabolizace se dá pracovat v případě celkem podkorigovaného zrcadla, tedy sféroidického, sférického a přibližně elipsoidického. Vystouplé zóny při tom nevadí potud, pokud nejsou zcela ostré. Přesně vzato, bylo by zapotřebí sestrojovat v nepříliš jasných situacích ve středu křivosti vlnoplochu zrcadla z měřených zonálních aberací. To ovšem sahá mimo rámec tohoto paragrafu, odkazují proto na skvělou knihu Danjona a Coudera „Lunettes et Télescopes“ [1]. Jsou-li naměřené zonální aberace ve středu křivosti vesměs menší než ty, jež jsou požadované pro paraboloid, pak konstrukce vlnoplochy není potřebná a beze všeho dalšího lze používat již popsaný způsob parabolizace. Předpokládám při tom parabolizaci zrcadla o průměru šedesáti centimetrů. Voštinový leštič zmenšíme na průměr padesáti centimetrů. Leštíme zcela krátkými tahy o výkyvu asi sedmi centimetrů. Začneme v poloze středové, střed leštiče při tom jde středem zrcadla a rovnoměrně otáčíme klikou a tím postupně posunujeme leštič ze středové polohy až k poloze, kde se okraj leštiče i zrcadla setkají, tedy asi o pět centimetrů. To neustále opakujeme, avšak, abychom zamezili vzniku ostré zóny, nepostoupíme až do středu nýbrž přestáváme půl, jeden, jedenapůl a dva centimetry před tímto středem. To nám není již neznámé.

Teoreticky správnější je postup, používaný mnou o něco později. Namísto rovnoměrného posunu misky posuneme misku po jejím plném otočení vůči zrcadlu o 360° najednou o čtyři milimetry, čili při výšce závitů na šroubu rovné dva milimetry otočíme v příslušné poloze rychle dvakrát klikou, a v tom, vždy po úplném otočení leštiče vůči zrcadlu o 360°, stále pokračujeme. K tomu účelu je nutné vyznačit dvě značky. Jak na zrcadle, tak i na misce. Pohyb misky je vhodné zrychlovat při zachování rovnoměrnosti pohybu rukou. To zajistí pomocník. Tím můžeme zmírňovat vznik již dříve zde zmíněných astigmatických diferencí. Nevyhnutelným chybám, majícím původ v ne zcela rovnoměrném pohybu, dáváme možnost kompenzovat se tak, že miska prochází mnohokrát sem a tam, pokud nedosáhneme patřičnou korekci. Prakticky se ukazuje potřeba označování polohy běžce, v níž středy zrcadla a leštiče koincidují (například zářezem na páce). Od zářezu odměříme pak vzdálenost rovnou poloměru zrcadla zmenšenému o poloměr leštiče, při níž obvod leštiče sahá na obvod zrcadla. Vzdálenost pak raději o pět milimetrů zmenšíme, tedy v našem případě na pouhých 45 mm. Při první sérii tahů hýbáme běžcem popsaným způsobem (a tím současně i leštičem od 0 do 45 mm), pak zpět k 0, následně od 0 po 41 mm a zpět k 0, od ní po 37 mm a zas zpět k 0 a tak lineárně dál. Výsledek závisí na daném tlaku, i na koncentraci červeně. Asi po půl hodině leštění končí.

Misku sejmem se zrcadla a po vychlazení sedmi hodin zkusíme stínově. Pozorujeme přitom, že se korekce druhé a třetí zóny vůči první, jenž je u obvodu zrcadla, zvětšila. Velikost této změny nám dá jakousi direktivu o době potřebné k dosažení správné korekce druhé zóny. Když správné korekce pro druhou zónu po opakování operací již docílíme, zmenšujeme poloměr leštiče o dva centimetry na šestačtyřicentimetrový průměr a postupujeme dál logicky stejným způsobem. V maximální vzdálenosti od středu má obvod leštiče opět dosáhnout vnější poloměr třetí zóny, nebo ještě lépe, být blíže ke středu zhruba o pět milimetrů. Poté posun leštiče zastavíme. Pak jdeme zpět ke středu a tak dále, přesně podle našeho předchozího popisu. Blížíme-li se ke středu, musíme vyrobit opět nový a i příslušně menší leštič průměru 40 cm. A pro to je nejlepší železná miska, užitá při broušení. Nakonec vyrobíme leštič o průměru 25cm, kterým naši parabolizaci i zakončíme. Tlak příslušný na jeden čtvereční centimetr leštiče musíme stanovovat zkusmo. Jde-li parabolizace příliš pomalu, zvětšujeme tlak o váhu vhodného závaží, nicméně hustotu červeně zásadně ponecháváme. Zde platí jako patřičné: čím pomaleji, tím lépe. K dosažení hladké křivky je zcela přirozená již jaksi časem nabytá praxe. Pravidlem však zůstává naše snaha o to, aby korekce jednotlivých zón byly co nejpresněji dosaženy tím, že nová difference mezi dvěma následujícími zónami nebude větší než tři desetiny milimetru, tedy než ta, jež je platná pro postavení nože při nepohyblivém světelném zdroji. Zvláště pečlivě musíme zajistit, aby hlavně okrajové části námi korigovaného zrcadla byly jistě co nejpresnější, tedy aby jejich difference byly co možná nejmenší. Jejich příspěvek na naši celkové zrcadlové ploše je největší. S postupem ke středu zrcadla se zmenšuje role hraná rozdílů mezi vypočtenými a skutečnými postaveními našeho břitu. K posouzení jakosti našeho zrcadla spočteme Hartmannovu konstantu tak, jak to popsal Dr. Šternberk v Říši hvězd, ročník 1926, čísla 4, 5 a 6. Jakost zrcadla však nelze dobře vyjadřovat jen jediným číslem, např. do úvah nezahrnujícím zcela již třeba jen samotný osový astigmatismus. Ten se projevuje u všech velkých zrcadel v různé míře, a to již jaksi tradičně. Jeho účinek na rozlišovací schopnost je proto nemožné vyjadřovat jen ekvivalentem určité zonální vady.



Prof. Gajdušek v optické dílně s jedním z jeho zrcadel s Ø65 cm (bez data) v čase mocenských tlaků, aby dílnu urychleně opustil.



Kuchyně Mistra Kozelského s 18cm refraktorem pro Hlohovec.

Často v literatuře nalézáme údaj, že to či ono zrcadlo je přesné na určitou část světelné vlny pro žluté světlo, například na $\lambda/8$ či na $\lambda/20$. Přesně vzato to značí, že vlnoplocha zrcadla, tedy plocha kolmá ke všem původně vzájemně rovnoběžným paprskům s jeho optickou osou, se po odrazu od zrcadla liší od optické ideální vlnoplochy právě o udanou hodnotu. Ideální vlnoplochu nahrazujeme kulovou, volenou tak, aby vzájemná difference byla co nejmenší. To je důležitá okolnost. Dokonalé pochopení této věci je obtížné a vyžaduje její důkladné studium. V odborných knihách často nalézáme tradiční omyly v této záležitosti. Znamenitým rádcem při tom vám bude znamenitá kniha Danjonova a Couderova „Lunettes et Télescopes“ [1].

III. Výroba achromatických objektivů pro astronomické amatérské dalekohledy.

III.1. Uvedení do problematiky čočkových dalekohledů.

Nejdříve se velmi krátce zmiňme o funkci obyčejné čočky v roli dalekohledového objektivu. Ta trpí, jak je všeobecně dobře známo, *chromatickou* či, řečeno jinak, *barevnou* vadou. Abychom snížili projev barevné vady na prakticky zanedbatelnou hodnotu, použijeme ji v roli objektivu jen tehdy, volíme-li její ohniskovou vzdálenost f velkou natolik, aby přesáhla konstantní násobek čtverce svého průměru D , tedy

$$f = 18,6 D^2 . \quad (\text{III.1.1})$$

A tak, pro průměr $D = 25$ mm činí naše přípustná ohnisková vzdálenost 120 cm, pro $D = 150$ mm je to však již 4200 cm, tj. 42 metrů. Tím se nám přibližuje vysvětlení mimořádných délek chromatických refraktorů Huygense, Cassiniho, Hevelia, či jiných, tak nezbytně obvyklých až do chvíle udělení epochálního patentu na výrobu achromatických objektivů, Anglii přiznaného Johnu Dollondovi 19. 4. 1758, přes vyskytnuvší se pochybnosti.

Stará bikonvexní brýlová skla vyhovovala při vzdálenosti ohniska $f = 100$ až 125 cm ještě zacloněním na průměr vstupní pupily 25 mm. Skla s větší ohniskovou vzdáleností, jež by umožnila užití plného průměru vyrobených bikonvexních brýlových čoček, se však již nevyznačovala dodržením dostačující výrobní přesnosti svých ploch. Menisková skla, vhodná v současné oční praxi, zavedená pak již před dlouhou dobou, jsou pro amatérské optické účely nesrovnatelně nevýhodnější, neboť pro jejich dvojevypuklý tvar vnáší zdůrazněnou otvorovou vadu. Stará bifokální brýlová skla se proto v roli objektivu projevují nesporně jako kvalitnější.

Každý, kdo zvládl výrobu dobrého sférického zrcadla téměř „naslepo“, ve smyslu našeho předchozího návodu k jeho výrobě, splnil už jen tím ten nejzásadnější technologický předpoklad výroby dobrých achromatických objektivů. Téměř žádný amatérský astronom se přesto k tomuto projektu neuchyluje a těch pár z nich, co příslušnou odvahu našli a jimž se upotřebitelný achromatický objektiv vskutku i povedl, lze spočítat téměř prsty jedné ruky. Neboť příčin k neúspěchům je mnoho a nezbytný materiál k vlastní výrobě je značně nedostupný. Kdo rád pokouší štěstí, musí si zajistit:

1. destičky, či lépe kotoučky, vhodných optických skel,
2. sférometr s hodinkovým indikátorem (lepší ale je, seženeme-li si kus vybavený mikrometrickým šroubem),
3. vhodné zařízení, adaptovatelné na přístroj k centrování čoček, potřebný již během broušení,
4. kovovou objímku objektivu, zhotovenou přesně podle stanovených pravidel,
5. dobré nervy, neboť výpočty takového objektivu jsou, oproti zrcadlům, v každém případě komplikovanější a jenž se pro větší objektivy přitom ještě navíc neúměrně zkomplikovávají,
6. dílnu, ale šanci úspěchu nám značně ulehčí vlastní přístup k soustruhu, spojený s naší zkušeností práce s ním.

V dalším textu nejdříve rozebereme všechny výše uvedené nezbytnosti.

III.2. Optické sklo.

Optické sklo se vyrábí v paletě zhruba dvou set druhů. K neodmyslitelným vlastnostem skla patří:

1. naprostá bezbarvost (nepočítáme-li s jeho požadovanou jinou, či s jinak důležitější, speciální vlastností)
2. naprostá stejnoměrnost (jeho homogenita nemá být narušena tzv. *šlírami*, tj. vláknovitými strukturami)
3. co nejmenší množství obsažených vzduchových bublin (jejichž počet limitují státní i oborové normy)
4. velmi dobré vychlazení, tj. sklo má být prosté zbytkových vnitřních pnutí (o přípustné maximální mezi, určené rovněž oborovými normami).

Sklo se vyrábí v blocích o půdorysu, nepřesahujícím příliš čtverec o maximální hraně 20 cm. Optické sklo nejlepší kvality, a určené k výrobě astronomických objektivů, se dodává ve formě oboustranně naleštěných kotoučů, disků. Oproti blokovému sklu je pečlivěji vychlazené a provází je i další jiné, pečlivě dokumentované, garance. Při jeho objednávání musíme v písemnostech výslovně uvádět, že sklo má sloužit k výrobě achromatického objektivu (z důvodů, uvedených v následující větě, uvádějte v objednávce navíc německy „In Objektivbeschaffenheit“). Mezi nejlepší optická skla se řadí poprávu výrobky světově věhlasné firmy Jenaer Glasswerk Schott und Gen., VEB, Abteilung Optik, Jena, NDR.¹

Pro objektiv do průměru deseti centimetrů plně postačují Schottova skla nařezaná z bloku a prodávaná ve formě čtvercových destiček požadovaných rozměrů. Jejich vychlazení zpravidla vyhovuje dobře a výskyt samotné šlíry u nich je jen okolností mimořádnou. Mám zkušenost, že jen jedno z jednoho sta skel, o půdorysu čtverce s hranou osm až deset centimetrů, znehodnotila jediná šlíra. Uvidíme dále, že sebemenší šlíru lehce prokážeme zkouškou hotového objektivu, pomocí autokolimační metody.

Zásadně bychom se měli vždy u čtvercových polotovarů skla snažit o zhotovení obrysově co nejdokonalších kruhových kotoučků. Jen přibližný tvar, běžně akceptovatelný při výrobě zrcadel, zde nedostačuje, ba naopak, škodí. Jednotlivé průměry kotouče se nemají lišit o více než o jednu dvacetinu milimetru a vzájemné průměry kotoučků objektivových komponent (pro vizuální astronomický achromatický objektiv zásadně jde vesměs vždy o jednu spojnou a jednu rozptylnou čočku, tzv. *duplet*) rovněž ne. Platí, že ideální obrysy výrazně zvýhodňují naše výrobní šance. Jistěže, konečné vzájemné průměry obou komponent se mohou mezi sebou lišit o více, což připustit lze, ale výroba objímky k takto atypickému objektivu se nám tím následně neúměrně komplikuje. Značně se nám tím zvýší pracnost, nezbytná k jejímu finálnímu přesnému přizpůsobení.

Každý kus optického skla je standardně provázen svým průvodním listem, obsahujícím všechny údaje charakterizující vlastnosti ono skleněného kusového individua. Doklad přesně uvádí číslo tavby takového skla (to bývá současně na skle i vyryto), rovněž i druh skla (např. BK7, F2 atp.). Onen pasport dále udává hodnotu indexu lomu skla, platnou pro spektrální čáru d a značenou n_d . Ji následují částečné rozptyly, platné vzájemně mezi standardními spektrálními čarami. Na základě potřeb praxe jde o rozdíly jim příslušejících indexů lomu pro spektrální čáry C a F (tzv. střední rozptyl), a dále i pro C-d, d-F, e-F, F-g. Je shrnuje další veličina, tzv. *Abbeovo číslo*, což je hodnota vlastně nejdůležitější, označená řeckým písmenem ν (čti ný):

$$\nu = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} \quad (III.2.1)$$

Z předcházejících hodnot indexů lomu se je můžeme sami lehce spočítat. Např., lze nalézt $n_C = n_d + \Delta_{C-d}$, pokud Δ_{C-d} značí částečný rozptyl mezi spektrální čarou C a d. Podobně postupujeme dál. Přitom dodejme, že níže uváděná písmena se vztahují k hodnotě vlnové délky λ jimi konkrétně označené spektrální čáry:

- C - červená vodíková spektrální čára s $\lambda_C = 656,5$ nm
- d - žlutá heliová spektrální čára s $\lambda_d = 587,6$ nm
- e - zelená rtuťová spektrální čára s $\lambda_e = 546,1$ nm
- F - modrá vodíková spektrální čára s $\lambda_F = 486,1$ nm
- g - modrá rtuťová spektrální čára s $\lambda_g = 435,9$ nm

¹ Sjednocení Německa dalo změnu struktury podniku (viz [27] str.108). Adresa: Schott Glaswerke, Hattenbergstr.10, Mainz, Deutschland.

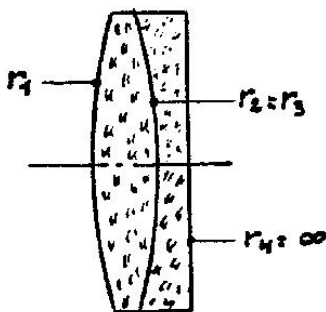
Použijeme-li však k výrobě objektivu většího průměru, než je oněch uvedených 10 cm, kvalitu zmíněného blokového skla, vystavujeme se nebezpečí výskytu značných nesnází. V důsledku nesymetrického chlazení, či pozvolné vnitřní nestejnorodosti indexu lomu, závislé též i na hloubce jisté pozice ve skle pod optickou plochou - již toto sklo bývá zatíženo, počne totiž námi zamýšlený objektiv vykazovat mnohočetné vady. Ty dokážeme odstraňovat jen výjimečně, a navíc s mimořádnou pracností, již uštěďuje cesta individuální korekce (tzv. *retuš*) optických ploch objektivu z onoho skla. Ale i šestnácticentimetrový objektiv vyrobený z něj může být náhodně zcela dobrý (k tomu jsem dospěl na základě vlastní zkušenosti). Běžnými zkouškami se ale podobné vady samotného skla zjistit nedají a jejich rutinní odstraňování pak zpravidla selže. Hodláme-li provádět pokusné zkoušky mimořádně orientované na tyto případy, počítejme s jejich mimořádnou pracností *a priori*. A tak na koupi kvalitního a speciálního skla, deklarovaného formulací „In Objektivbeschaffenheit“, pro výrobu achromatických objektivů, i přes větší výdaj, v žádném případě neproděláme.

III.3. Výpočet achromatického objektivu.

Pokud uvažujeme o achromatickém objektivu s průměrem do 10 cm, pak stačí se snažit o odstranění chromatické vady, spojené jen s rámcovou opravou vady sférické. Pro uvedený případ je výpočet snadný. Poznamenejme však ihned, že zbytkovou sférickou vadu lze odstraňovat i později, a to výše zmíněnou retuší optických ploch. V našem případě se omezujeme jen na některé druhy korunového a flintového skla, jež později uvedu. Achromázie se dosahuje, což je běžně známé, spojením spojné čočky, vyrobené z korunového skla, s odpovídající rozptylnou čočkou, vybroušenou ze skla flintového. Musí být ale splněna i podmínka patřičné relace ohniskových vzdáleností obou čoček, aby totiž byly v nepřímém poměru svých Abbeových čísel:

$$f_1 : f_2 = v_2 : v_1 \quad (\text{III.3.1})$$

Zde tedy jsou f_1 i v_1 hodnotami veličin pro čočku korunovou a f_2 , v_2 pak pro flintovou. Uvedme hned, že jak f_1 , tak i f_2 , mají charakter absolutních hodnot, tj. žádná znaménková konvence ohniskových vzdáleností typu *konvexita - konkavita* se přitom nijak nezohledňuje. Uvedená kombinace obou čočkových komponent však vykazuje tzv. *sekundární spektrum obrazu*, okem sotva rozlišitelné. V tomto dubletu je to důsledek skoro plného splnutí výsledných objektivových ohnisek pro dvojici vlnových délek spektrálních čar C, F.



Obr. 39

Výše uvedená podmínka achromázie, platná v našem objektivu, ale nijak blíže nerozvádí konkrétní provedení optických ploch dílčích čoček v něm. Chceme-li však eliminovat vadu barevnou současně s otvorovou, není využitelná kterákoli kombinace tvarů obou čoček, i když splňuje podmínku achromázie přesně. Naštěstí existují vhodné druhy skel, jež tvůrcům, vyhýbajícím se dlouhým výpočtům, mimořádně zjednodušují výpočty konkrétních tvarů čoček dubletu. Zmíněná skla, totiž, při splnění výhodné podmínky $r_2 = -r_3$ a $r_4 = \infty$, vykazují jen malou a prakticky nevýznamnou sférickou vadu. Objektiv se navíc zjednodušuje tím, že výstupní plocha flintové rozptylky je rovinná i za situace, při níž jsou křivosti poloměrů vnitřních ploch sousedících čočkových komponent vzájemně doplňkové, tj. v absolutní hodnotě shodné (viz zde obr.39). Tato kombinace nabízí značné výrobní ulehčení technologického rázu.

Dr. Klír propočítal několik kombinací z různých skel korunových a flintových v ohledu na sférickou vadu i komu, při splnění uvedených dvou podmínek kladených tvarům čočkových komponent achromatického objektivu. Jako výhodné se podle něj ukazují pouze tyto kombinace skel produkovaných firmou Schott und Gen.:

Korunové sklo	Flintové sklo
BK7	F2
BK7	BaSF1
K7	F2
ZK1	F2

Nesporně mohou snad vyhovovat ještě mnohé další kombinace korunových skel s flintovými, zatím o nich nic nevím. Zde uvedená poslední kombinace Dr. Klíra přitom vykazuje právě nejmenší komu oproti všem uvedeným

zbývajícím možností. Ukazuje se tudíž jako nejvhodnější kombinace přesto, že koma za vizuálních pozorování se nijak rušivě neprojevuje, nevadí. Otvorové vady u deseticentimetrového průměru objektivu s ohniskovou délkou stopadesáti centimetrů bývají ještě veskrze malé a jejich dobře vyhotovené kulové plochy jsou zcela dostatečné. Obvykle ani nevyžadují již žádnou dodatečnou retuš.

III.4. Výpočet poloměrů křivosti achromatického objektivu.

$$\text{Vycházíme z již uvedených vztahů achromázie} \quad f_1 : f_2 = v_2 : v_1, \quad (\text{III.4.1})$$

$$\text{a též z rovnic platných pro obě čočky} \quad \frac{1}{f_1} = (n_1 - 1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad \frac{1}{f_2} = \frac{n_2 - 1}{r_3} \quad (\text{III.4.2})$$

$$\text{a z rovnice určující výslednou ohniskovou vzdálenost kombinace v dubletech:} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}. \quad (\text{III.4.3})$$

Zde f_1 a f_2 jsou absolutní hodnoty ohniskových vzdáleností spojky i rozptylky a n_1, n_2 jsou indexy lomu příslušných uvažovaných skel pro čočku spojnou i rozptylnou. Proto je nutné jednotlivé poloměry křivosti r_1, r_2 a r_3 brát jako absolutní hodnoty rovněž, a to bez ohledu na znaménko potud, pokud splníme předpoklad o spojení čoček. Ten žádá, aby spojka byla vždy dvojevypuklá a rozptylná čočka pak povinně ploskodutá. Jak je vidět z obrázku číslo 39, lze stanovit hodnoty poloměrů křivosti optické soustavy objektivu poměrně lehce jako

$$r_1 \neq r_3, \quad r_2 = r_3, \quad r_4 = \infty, \quad (\text{III.4.4})$$

$$r_1 = \frac{f(v_1 - v_2)}{\frac{v_1}{n_1 - 1} - \frac{v_2}{n_2 - 1}}, \quad r_2 = r_3 = \frac{f \cdot (v_1 - v_2) \cdot (n_2 - 1)}{v_2}. \quad (\text{III.4.5})$$

Přitom je nutné dodat ještě navíc, že právě uvedené rovnice pro poloměry křivosti, a tedy i pro ohniskové vzdálenosti, platí přesně splněním předpokladu o nulové tloušťce obou čoček a o jejich vzájemně zanedbatelné vzdálenosti. Platí uspokojivě přesně tedy i v případech, kdy tloušťky obou čoček jsou v porovnání s jejich ohniskovou vzdáleností malé a kdy obě čočky v uvažovaném objektivu jsou pozičně situovány těsně za sebou. Oba tyto předpoklady splňují achromatické objektivy, se světelností 1 : 15, vpravdě uspokojivě.

Zvolením výsledné ohniskové vzdálenosti achromatického objektivu f , a výpočtem jí odpovídajících poloměrů křivosti jednotlivých optických ploch, příslušných takto zjednodušenému optickému systému, se dostáváme již do situace, umožňující započít výroby objektivu vybroušením jeho dílčích ploch.

III.5. Broušení čoček achromatického objektivu.

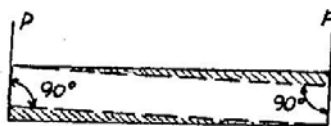
Máme-li k dispozici čtvercové destičky obou doplňkových druhů optického skla (přitom jejich tloušťku volíme v poměru k délce strany destičky 1 : 8), potom potřebné přesné kotoučky z nich vyrobíme takto:

Na jedné straně destičky si tužkou vyznačíme kruh o poloměru asi o dva až tři milimetry větším oproti plánovanému hrubému průměru objektivu. Pak ručním svěrákem opatrně ji olámeme tak, aby lomy v ní nikde nezasahovaly až do vyznačeného kruhu. Nejdřív si tento způsob procvičte na skle obyčejném, které v našem pří-

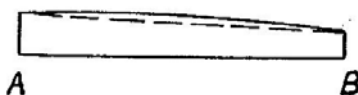
padě později užijete za protisklo brousící misky. Smolou připevníme držadlo přesně do jejich středu, a nejlépe díky soustruhu, je odděleně obrousíme dokulata vodou smočeným a dále vlhčeným smirkem č.60, položeným na pásku plechu asi 4 cm širokém. Ten uchytneme za jeden z jeho konců o něco výše nad polohou pracovní osy soustruhu a druhý jeho konec držíme v ruce tak, aby vytvářel kolem kotoučku neuzavřenou smyčku. Na šikmou plochu plechu podáváme lžičkou potřebné množství směsi smirku s vodou. Za co nejrychlejšího otáčení brousíme vždy jen potud, dokud není skleněný kotouček bez povrchových odštěpků. Tento způsob nám ovšem nevytvoří požadovaně přesný kotouč. Nerovnosti je proto nejlepší označit na obvodu tužkou a označená místa potom ručně za pomoci plechu poněkud dobrousit. Návazně na to opět brousíme otáčením, případně s novým, rovným plechem. Ke konci smirkem číslo 100 a 200 až do té doby, než se jednotlivé průměry neliší víc jak o dvacetinu milimetru. Splnění tohoto požadavku ověříme kontaktním měřítkem, odečitatelným do 1/50 mm.

Disponujeme-li přesným soustruhem, jistě nebudeme postupovat právě naznačeným způsobem. Natolik necitlivý strojařský postup by totiž, dříve či později, vedl k citelnému snížení přesnosti, již by nutně měla citlivá strojní výbava soustruhu zaručovat. Metodicky je proto nejsprávnější následující postup: přibližně kruhovou destičku skla necháme rotovat pomalu na svislé ose. Po saních, díky posuvnému šroubu s citem roztáčenému klikou, se kolmo k rotační ose přisunuje vodorovná osa běžícího motoru s přímo přišroubovanou železnou, do rovna osoustruženou kruhovou deskou. Dotýkající se okraje budoucích skleněných kotoučků potíráme vodní kaší karborunda číslo 100, což vede k přesnému kruhovému jejich obroušení. Lze rovněž využít i karborundový kotouč s vodou, namísto železného, ten se bude hůře, po ztrátě své rovinnosti, srovnávat. Máme-li stroj k broušení zrcadel umístěný na stole, stačí k němu pouze přizpůsobit saně s motorem tak, aby se dal vůči pracovnímu vřetenu posuvně vodorovným šroubem přemísťovat.

Upozorňuji na to, že opracovaný kotouček musí mít tvar kolmého, tedy naprosto ne jen sešikmeného kruhového válce. Proces centrování čoček, později navazující, by tím byl znesnadněn. Kontrolu umožňuje např.



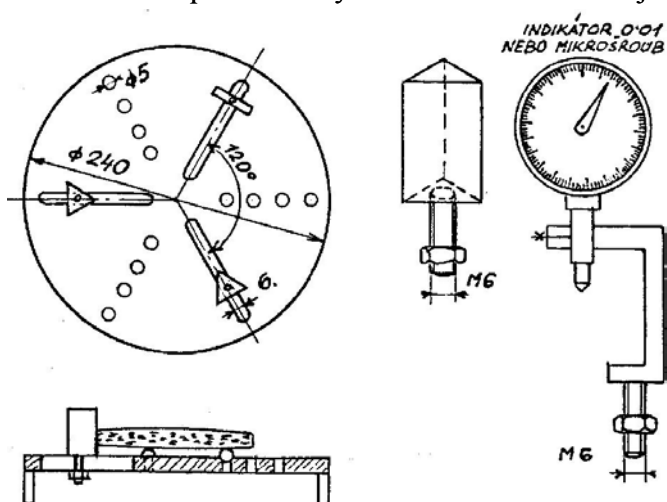
Obr.40



Obr.41

železný úhelník. Pokud je chyba jen nevelká, provedeme opravu základen jejich zbroušením, přehnaně naznačeným na obrázku č.40. Alespoň jedna z ploch musí být k povrchovým přímčkám pláště p kolmá. Tuto plochu volíme k vybroušení druhé strany spojné čočky o poloměru r_2 . Zbývající plocha musí být k první dostatečně rovnoběžná, v každém případě by však měla mít figuru rotační formy. To dosáhneme pozorným hrubým stranovým zbroušením plochy o rovnou plochu pomocného skla, s pomocí brusného prášku o zrnění číslo 100.

První plochu čočky brousíme zcela shodně jako zrcadlo. Musíme však pozorně sledovat, aby se plocha



Obr. 42

nezbrušovala systematicky toliko k jedné straně, jak to přehnaně znázorňuje obrázek 41. To zajišťujeme pomocí centrovacího přístroje. Ten je schopen změřit skutečnou tloušťku čočky ve zvolené malé vzdálenosti od jejího okraje. Broušení první z ploch objektivu nevynucuje velkou míru obav a ani rozdíly těchto hodnot pod jednu desetinu milimetru nám zpravidla nebudou vadit. Zjistíme-li ke konci hrubého leštění rozdíly větší, vyrovnáváme je tím, že čočkou vespod neotáčíme a během otáčení horního kotouče vždy přitlačujeme přibližně na pozici ležící v oblasti zjištěného tlustšího okraje čočky. Tedy, podle obr.41, ovlivňujeme pozici A. Po chvíli soustředění se na tlustší okraj čočky, brousíme pak ve všech azimutech opět běžně pravidelně a postup vyrovnávání okraje čočky stále soustavně přezkušujeme, je-li patřičný, případně zakročíme.

Schéma přístroje určeného k centrování čoček je na obr. č.42. Základem je železná deska o průměru 24 cm potud, pokud hodláme vyrábět objektivy s hrubým průměrem nanejvýše 21 cm. V desce vedeme tři pravidelně rozmístěné radiální drážky, vzájemně odchýlené o 120°. Mimo ně vyvrtáme mezi drážkami otvory o průměru 5 mm se středy shodně vzdálenými. Na svých horních koncích je zakulatíme vrtákem průměru 6,5 mm. S vidinou

použitelnosti centrovacího přístroje i na objektivy různých průměrů, vyvrtáme několik trojic zmíněných otvorů, situovaných na soustředných kružnicích vhodně velkých radiusů. Ve dvou drážkách se budou pohybovat dva trojboké rovnostranné hranoly se šroubovým závitem na jedné trojúhelníkové základně. Ty lze zespoda fixovat matickou v libovolné poloze, viz obrázek č.42. Třetí drážka slouží pohybu běžného mikrometru, přizpůsobeného k zafixování ve vhodné poloze rovněž. Měl by být kvalitní, tedy nikoli běžné sériové produkce. Konec mikrometrického šroubu, tradičně zakončovaný ploškou, je účelné na soustruhu stočit, či přesně zbrousit, tak, aby vznikl hrot o plošce průměru 1/10 až 1/20 mm. Do tří otvorů vložíme ložiskové kuličky o průměru 5,55 milimetru tak, aby je okraje čočky přesahovaly asi o průměr kuličky. Kuličky mají vést přibližně stejně v ploše kotouče, výškový rozdíl 1/10 mm ještě přitom není na závalu. Celý přístroj, i s hranoly, dáme poniklovat či pochromovat. Během centrování pokládáme geometrický střed ploch čočky co možná nepřesněji nad geometrický střed desky. To lze lehce zjišťovat odměřováním vzdálenosti okraje od kuliček, pomocí obyčejného pásmového měřítka. Menší rozdíly, pod dvě desetiny milimetru, nevadí. Poté fixujeme hranoly tak, aby se svou hranou dotýkaly, či vlastně přiléhaly, k okrajům čočky. Nedokonalé přilehnutí ukáže boční pohled proti světlu, ze strany. Nevadí zpravidla tehdy, přiléhají-li, po otočení o 360°, shodně ke stále témuž místu. K tomu dochází např. vždy, je-li okraj čočky mírně zaoblený. Ani velmi malá klínovitost skleněného kotouče, přiléhajícího jen k jedné straně, nemusí ještě vadit v případě, kdy okraje čočky jsou hladké a bez malých výstřpků. Ty lze odstranit závěrem fasetou. Je-li kotouček naopak šikmým válcem, pak, za protažení, přiléhá k hornímu a dolnímu okraji střídavě.

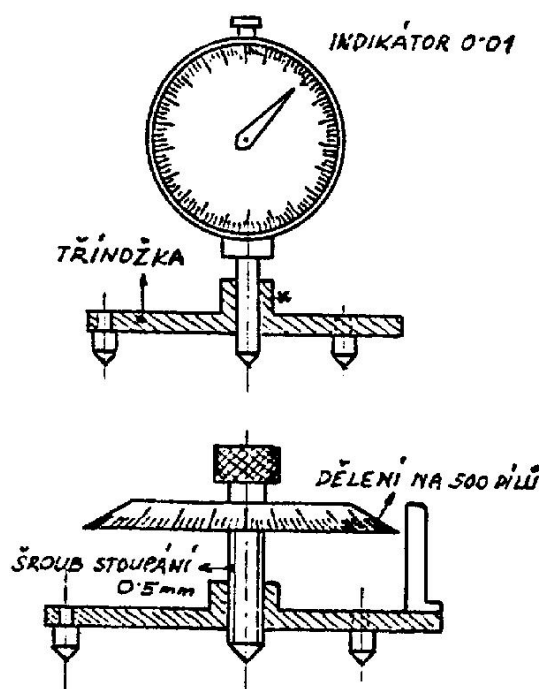
Během centrování druhé plochy spojky musíme se držet té zásady, aby rozdíly v její tloušťce v žádném místě nepřesáhly 5/1000 mm. Přitom se měří ve více místech, např. v šesti až osmi pozicích. *Při retuších se často stává zejména to, že dojde k nepravidelnému zbroušení čočky. Po takové retuši je proto zásadně nutné pokračovat v broušení vždy po nějakou dobu zcela pravidelným, tedy normálním způsobem.* Za broušení karborundovým zrněním číslo 60 se nikdy nesnažte o dosažení menšího rozdílu než 1/10 mm. Při zmenšujícím se průměru zrn, tj. s postupně jemnějšími frakcemi karborundového brusiva, i naše přesnost počne narůstat tak, aby až za 5tminutové plavené karborundové frakce čočka dodržela maximální odchylku pod 0,005 mm. Větší rozdíly by se, následnými jemnějšími druhy karborunda, totiž již jen těžce odstraňovaly. Není-li kotouček skla přesně kulatý, stejně větší přesnosti ani dosáhnout nemůžeme. Ta nám však již dostačuje. Stejný postup platí i pro obě plochy rozptylného členu.

Dutou plochu kontrolujeme, pochopitelně, Foucaultovou zkouškou. Oproti tomu však naše budoucí plánovaná rovinná plocha přesně rovinnou plochou nejspíše, ani v závěru našeho leštění, nebude. Jde totiž o práci, o níž jsme se již dříve, v partii o newtonovských diagonálních zrcátkách, dozvěděli, že je díky své vlastní technologické obtížnosti jak velmi náročná, tak i značně zdlouhavá. Nám plně stačí, nebudou-li na této naší skoro rovinné ploše přítomny sebemenší zonální vady. Konvexita ani konkavita, za interference o jen málo vlnových délek, nám na závalu nebudou. Interferenční zkouška, pomocí přesného rovinného zrcadla, nám poodhalí skutečnost, zda na ploše odchylky, tedy chyby u nějakých zón, jsou, či nikoliv. Snažme se přitom, aby poloha středových interferenčních kruhů nebyla ve střední části plochy, nýbrž aby jejich střed se nacházel poblíž obvodu disků. Oblouky interferenčních kruhů ale svou přesnou kruhovost vykazovat musí. Zcela stejně vyrábíme i obě plochy rozptylky. V praxi je, přes svou lákavost, zabrušování obou vzájemně doplňkových optických ploch, přímo do sebe, a to zadní ze spojné čočky s přední plochou rozptylky, značně riskantní. Nedoporučuji se tím nechat unést. Je-li spojka vyleštěná a poškrábe-li se jen trochu již skoro hotová dutá optická plocha rozptylky, pak jedinou cestou z trablů by snad mohla být kontaktní kopie poškrábané optické plochy z epoxidové či z jiné pevně objemově i jinak stálé formovatelné hmoty, pořízená pro roli brousící misky. Opakované přebroušování již hotové spojné čočky, byť do jemné struktury, by jinak totiž bylo morálně-technologickým nihilizmem.

III.6. Měření poloměru křivosti optických ploch.

K měřicím účelům lze využívat přesné šablony. Zcela stejným způsobem tak, jak jsme to popisovali pro broušení zrcadel. Rovná plocha rozptylky by se dala kontrolovat velice přesně vyrobeným kovovým pravítkem. Nicméně sama výroba přesné šablony představuje pro amatéra takřka neřešitelný problém. Svou podstatou totiž reprezentuje přinejmenším spoustu časově náročných prací.

Mnohem lépe se osvědčují sférometry, a to buď s hodinovým indikátorem, či raději s přesnými mikrometry. Z obr.43 níže vidíme, že tu jde o velmi přesně a pečlivě sestavené kovové trojnožky, jejichž mírně seřiz-



Obr.43

ximální přesností, až tisíciny milimetru, naměřen. Zpravidla tomu tak ani nebývá, např. z důvodů nerovnoměrností šroubů, či z jiných příčin. Velkou nevýhodou tohoto typu je, že u nich zaměňovat měrnou trojnožku za ty, jež by při konkrétních aplikacích byly nejvhodnější, nelze.

Je-li ρ poloměr sférometru, (tj. poloměr kružnice hroty trojnožky opsané), pak z rovnice platné pro výšku kruhové výseče dle první Euklidovy věty o výšce vedené kolmo z přepony pravoúhlého trojúhelníka, tedy

$$\rho^2 = h \cdot (2R - h), \quad (\text{III.6.1})$$

($2R$ plyne z Thaletovy věty o pravoúhlosti bodů kružnice nad průměrem). Zanedbáme-li, pro výšku kruhové úseče h značně menší než R , člen h^2 , dostaneme vztah

$$\rho^2 = 2 \cdot h \cdot R \quad . \quad (\text{III.6.2})$$

Pomocí R označíme poloměr křivosti hledané kružnice, i sféry. Poloměr křivosti z měřené výšky úseče je:

$$R = 0,5 \cdot \rho^2 / h, \quad (\text{III.6.3})$$

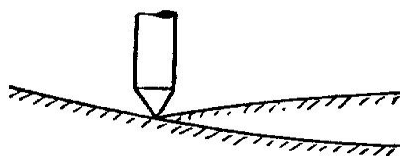
či výška kruhové úseče (často zvané i *sagitta* a značená obvykle symbolem s), je pro zadaný poloměr křivosti R :

$$h = 0,5 \cdot \rho^2 / R. \quad (\text{III.6.4})$$

U zrcadel pro Schmidty komory tento vzorec již ale nestačí. Řešení rovnice druhého stupně obejdeme tím, že z přibližného vzorce najdeme h , jímž pak tentýž vzorec upřesníme záměnou $2R - h$ na místě $2R$. Taková přesnost pro všechny prakticky uvažované případy již plně dostačuje. Veličinu ρ z prvního vzorce lépe určíme tak, když dutému zrcadlu s nalezeným poloměrem křivosti za stínové zkoušky, určíme aktuální hodnotu h . Potom poloměr ρ sférometru je:

$$\rho = \sqrt{2R \cdot h}, \text{ a přesněji } \rho = \sqrt{h(2R - h)}, \quad (\text{III.6.5})$$

jde-li o to. Stanovením ρ pro přibližně kulová zrcadla o různých poloměrech křivosti určených Foucaultovou stínovou zkouškou, a jejich srovnáním, získáme představu o přesnosti našeho mikrometrického šroubu pro aktuální oblasti. Ideálně přesný mikrošroub bude mít hodnoty ρ vždy stejné za předpokladu, že naše hroty jsou tvaru přehnaně naznačeného v obrázku 44. Na něm současně též i pozorujeme, že za měření konvexní plochy bude i veličina ρ poněkud rozdílná. Nulovou polohu sférometru musíme proto zjišťovat opakovaně častěji, a to nejlépe na dostatečně přesném rovinném zrcadle.



Obr.44

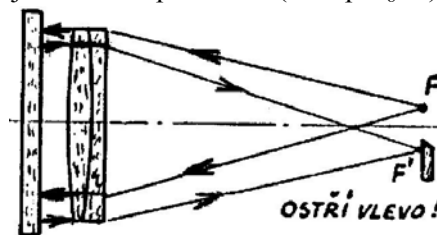
III.7. Leštění achromatického objektivu .

Tento postup se shoduje s postupem popsáním u příležitosti popisu vyhotovování kulového zrcadla.

III.8. Zkoušení objektivu v autokolimaci a jeho retuš.

Pro účely autokolimace je nutné mít k dispozici dobré rovinné zrcadlo a s průměrem o něco větším, než činí čistý průměr objektivu. Z dřívějšíka víme, že jeho lehká konvexnost, či konkávnost, např.o $\lambda/4$ a víc, nevadí.

Toto planární zrcadlo však musí nutně být prosté jakýchkoli zón. Konstatování, že tomu vskutku tak je, je nutné nalézt v jeho ověření přesným kulovým zrcadlem. Přesně tak, jak jsme o tom psali dřív (v Kap.I.§16). Zrcadlo musí být navíc uloženo v dokonalé objímce, a objektiv rovněž, navíc přesně podle později uvedeného popisu v samostatném paragrafu 10 a 11 kapitoly V. (str.90-1), jenž je platný pro správný způsob uložení čočkových komponent objektivu v objímce. O autokolimační zkoušce jsme se již zmiňovali v kapitole I, §18 na str.41, o rovinných zrcadlech. Její uspořádání pro zkoušku achromatického objektivu je znázorněno na obrázku číslo 45. Zkoušíme v červeném světle filtrem RG 2 firmy Schottovy, ten si umístíme před oko. Při tom mohou nastat tyto případy:



Obr.45

1. Celý objektiv se zatmívá stejnoměrně, jako při kulové optické ploše:

Něco takového nastává jen výjimečně, evidentně jde nejspíše o výjimečně šťastnou náhodu. Není zapotřebí dlouze rozebírat, že námi zhotovovaný objektiv vykazuje v tomto případě zcela mimořádnou jakost. Při této příležitosti si povšimněme, že bez filtru se nám již bude jevit samotný stínový obraz jako barevný. Bude tomu tak proto, že pro různé barvy nejsou, oproti parabolickému zrcadlu, příslušná ohniska v koincidenci s tímtož bodem optické osy, neboť u něj se reflex paprsků od povrchu optické plochy řídil implicitní vlastností achromázie. V důsledku lomu světla v optickém skle budeme vnímat barvu, jde-li o objektiv s achromázií provedenou pro čáry C a F, jednak zelenou, až do žluta, a jednak barvu purpurovou, tedy ty barvy, jež jsou doplňkovými barvami k barvám konstrukčně achromatizovaným. Podíváme-li se na obraz šterbiny silným okulárem s ohniskovou vzdáleností asi 7 mm, měl by být obraz šterbiny ostrý a bez postranní záře, až na výjimku zmíněné již purpurové doplňkové barvy, produkující nevýrazné prozáření. Podíváme-li se na obraz matované žárovky stejným okulárem, potom uvidíme její ostrý obraz ve formě jakoby velkého množství umělých hvězdiček, tvarů nepatrných kruhových teček. Ty by se při nepatrném rozostřování okuláru měly počít rozptylovat zcela souměrně a současně s tím by rovněž se měly vykazovat i změny jejich barev.

Obraz šterbiny je vhodným kritériem k zjištění toho, zda kvalita achromatického objektivu bude dosti dobrá. Pokud je tvar šterbiny ostrý a bez postranní záře, s výjimkou onoho zmíněného purpurového zákalu, a jsou-li obrazy umělých hvězdiček, tj. těch osamělých z nich, přesně kruhové a souměrně se rozšiřující i při velkém zvětšení, i při rozostření, jde o achromatický objektiv vyrobený ve velmi dobré kvalitě. Pro pozorování bude takový dublet vhodný určitě, neboť autokolimační zkouška, zdvojením průchodu optickým systémem, díky odrazu autokolimující rovinnou plochou zdvojnásobí i vliv všech jeho vad.

Je-li obraz šterbiny na jedné straně lemován zeleně a na druhé straně purpurově, pak jsou jedna či obě čočky špatně zcentrovány, či jedna je oproti druhé posunutá o tolik, že obě nejsou mezi sebou souosé. *Stínový obrazec, i obraz šterbiny, pozorujme ve dvou polohách objektivu, protočených kolem optické osy objektivu o pravý úhel, když čistou náhodou může jediná poloha objektivu eliminovat vadu.* Ta nám může unikat pak již třeba proto, že jsme si v doplňkové, tedy v k ní kolmé, poloze, opomenuli ověřit její výraznost.

2. Objektiv je sféricky překorigovaný:

Stín při Foucaultově zkoušce je podobný reliéfu parabolického zrcadla, s nímž jsme již dobře obeznámeni.

Je tedy otvorově překorigován, jinak řečeno, jeho otvorová vada je překorigována. U zrcadla to značí, že okrajové paprsky se protínají ve větší vzdálenosti oproti paprskům paraxiálním. Průběh otvorové nadkorekce, a tím i její velikost, můžeme zjistit i pomocí clony opatřené okénky shodně, jak to již umíme u zrcadel. Tím, že světelný zdroj je nepohyblivý, skutečné aberace jsou poloviční hodnotou z hodnot aberací námi naměřených. Rovněž zkonstatujeme, že tento objektiv se jeví pro různé barvy jako různě korigovaný. U nevelkých objektivů jde o nepatrný rozdíl. Objektiv správně korigovaný pro nejcitlivější, tj. žlutozelenou barvu, se bude jevit jako poněkud podkorigovaný, což v doplňkových barvách znamená paprsky s větší délkou vlny, tedy paprsky oranžové až červené. Trochu překorigovaný se pak náš objektiv jeví pro paprsky kratších vlnových délek, tedy pro barvy zelené až fialové. Prakticky jsme omezeni na paprsky červené, neboť z celého rozsahu viditelného světla pouze červené skleněné filtry propouštějí paprsky barvy jediné, tedy červené. Ostatní filtry mají tu vlastnost, že propouštějí víceméně paprsky všech barev, i když různou měrou. Sklo RG 5 by bylo lepší než sklo RG 2, nicméně obraz v něm by se nám jevil až tmavě. Stejně tak by tomu bylo u filtrů interferenčních, to pro jejich velmi úzkou pásmovost v oblastech vlnových délek, neboť ta účinně odebrává průměru dopadajícího světla.

U objektivu s tímto projevem se již retušování nevyhneme, s výjimkou případů malé korekce. Takovou skutečnost poznáme nejlépe na obrazu šterbiny, pozorované silným okulárem o ohniskové vzdálenosti alespoň 7 mm. Je-li obraz ostrý, a svědčí-li i ostatní popsání projevy o nepřítomnosti jiných optických vad, pak objektiv bude zcela dobře vyhovovat. Není-li tomu tak, retuší se nevyhneme.

Upřesněme si dobře své představy o postupech nutných k vyretušování objektivu úvahou: je-li potřeba, aby paprsky blízké ose se proťaly ve větší vzdálenosti od objektivu, docílíme toho i tím, že ovlivníme střední část rozptylky tak, aby paprsky procházející ve větší blízkosti optické osy více rozptylovala, a tak by měly procházet samy paprsky paraxiální především. Jinými slovy to znamená, že rozptylka si vyžaduje nárůst prohloubení od okrajů ve směru na střed, nejtenci bude muset být právě tam. Uvědomme si, že je to zcela analogické našemu postupu pro zparabolizování zrcadla. Přitom analogická změna na kterékoli jiné optické ploše objektivu, tedy i na těch ze spojné čočky, dá stejný výsledek. Jistě, my jsme si zvolili dutou plochu rozptylky zcela záměrně, neboť její konkavita nám využitelností Foucaultovy stínové zkoušky nabízí snadné ověřování postupu retuše. Je-li křivka otvorové vady plavná, tak jak tomu bývá např. u dobrého parabolického zrcadla za testu ze středu křivosti, pak si volíme ten postup retuše, jenž jsme popsali a nazvali jako „parabolizace leštičem o menším průměru než zrcadlo“. Jiný postup by nejpravděpodobněji neuspěl. Uvědomme si navíc, že zpravidla opracováváme optickou plochu značného zakřivení. Pokusíme se proto využít leštič průměru tříčtvrtinového oproti naší čočce, s oním přístupem, jenž jsme již popsali jako parabolizace převisem pomocí menšího leštiče. Musíme usilovat o úpravu meridiální křivky na tvar, dávající spodobu, ba snad i shodu intenzity stínu, vykazovaného naším objektivem při výchozí autokolimaci. Návazně pak nato provedená autokolimační zkouška objektivu svým výsledkem dá podklad k našemu operativnímu rozhodnutí o návazném dalším, účelově nezbytném a potřebném postupu. Nebyl-li náš objektiv příliš překorigovaný, což mělo být s našimi skly i spočtenými poloměry křivosti vyloučené, máme tak velkou šanci vytvořit bezvadný objektiv o téměř libovolné přesnosti, a to jen v odezvě na oprávněně logické provádění retuše.

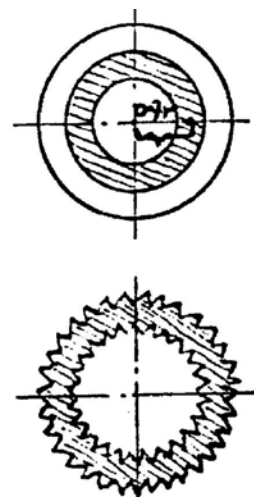
Závěrem ještě upozorníme, že překorigovaný objektiv může svůj celkový stav zlepšit pokusem o záměnu pořadí optických ploch spojné čočky v jeho skladbě. Tím totiž přichází na frontální stranu objektivu plocha o větším poloměru křivosti, tedy plocha méně vypuklá. Tento 'pokus' ale musíme pojistit ověřením, zda objektiv nepřešel, onou provedenou záměnou optických ploch spojné čočky, naopak až do stavu svého přílišného podkorigování. Uvědomme si totiž, že rozváděný postup je užitečný jen na achromatické objektivы zhotovované na základě konstrukčních námětů, v počátku této kapitoly postulovaných námi za vhodné.

3. Objektiv je celkově podkorigovaný a bez zón:

Jde o případ závažnější, než problémy předešlých situací. Hodně podkorigovaný objektiv (s otvorovou vadou pro světelnost 1:15, rovnou např. jednomu centimetru) je zpravidla opravit nemožné. Opravit se dá jen mírná a pravidelná podkorekce, při níž je za retuše potřeba leštit pásmo rozptylky mezi středem a obvodem. V podstatě se jedná o týž problém, jenž je příznačný korekcím objektivů do koronografů, či konvexních hyperbolických zrcadel Cassegrainova reflektoru, nebo korekčních desek Schmidtovy astrokomory. Způsob retuše je shodný. Retuš se zdaří jen při pravidelné plavnosti křivky podkorekce. Jinak vesměs vzniká zlá zóna, retuší již neeliminovatelná.

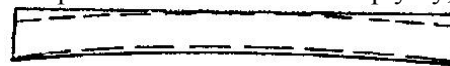
Při příliš velké podkorekci, kdy otvorová vada při světelnosti 1:15 obnáší zhruba pět až šest milimetrů (a autokolimací se ještě zdvojnásobuje), se někdy zdaří objektiv obtížně napravovat leštěním rozptylky leštičem

ve tvaru mezikruží. K zamezení tvorby zón je zapotřebí leštičem pohybovat během leštění od souměrné polohy směrem ke kraji, tak, aby se vnější kruh mezikruží jen dotýkal okraje čočky, a zpět. Případně uděláme leštič hvězdicového charakteru, jak znázorňuje dolní část obrázku 46. Velká podkorekce, užili-li jsme přesně zadaných skel, a dosáhli-li jsme i žádaných poloměrů křivosti příslušných optických ploch, zajisté ukazuje na to, že jedna nebo více ploch je nekulových a že jejich střední partie jsou zleštěné. U výhodné duté plochy rozptylky by tomu odpovídal elipsoid až hyperboloid, u konvexních ploch je jejich přímé zkoušení vyloučeno. Není vyloučeno, že poloměry křivosti jsou špatně určeny, anebo že předpokládané indexy lomu jednotlivých skel se s realitou rozešly. Jsou-li plochy rozptylky správné, o čemž nám může dát ujištění výsledek Foucaultovy stínové zkoušky, je potřeba přeleštit obě plochy spojky lícem dolů tak, aby optické plochy měly příznivý tvar a tím potřebný dopad na daný případ. Leštíme proto hustší ruží a různě dlouhými tahy, avšak vždy jen krátkými, a to alespoň po dobu asi půl hodiny. Postup dodá na plochy spojky zhruba tvary elipsoidů až hyperboloidů, konkávní plocha rozptylky by naopak mohla připouštět tvar sféroidu. Jde o změny ploch, svým efektem samu podkorekci snižující.



Obr.46

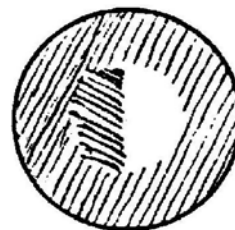
Výrazně podkorigovaný objektiv (lze-li u něj předpokládat plochy kulové - a proto musí podkorekci způsobovat buďto špatně provedený výpočet, či nesprávně určené indexy lomů skel) lze napravit toliko změnou poloměru křivosti jedné z čoček. Kvůli korektnosti změny se to pochopitelně provádí nejčastěji, i nejraději, na rozptylce. Je-li výjimečně chromatická korekce dobrá, potom se pokoušíme měnit tvar rozptylky, podle návrhu daného obrázkem 47, na jiný, nový, na něm přehledně vyčárkovaný. Rozdíl hloubky čoček bude ve středu shodný s rozdílem výšky menisků, zkusmo bude činit jen několik málo setinek milimetru. Ohnisková vzdálenost rozptylky tím zůstává stejná, její sférická vada se však zvětší a tím i bude celková otvorová vada objektivu lépe vykompenzována. Stálým sledováním podobného postupu bychom docílili až překorigovanosti našeho objektivu. Sférické vady spojky a rozptylky mají opačný smysl a ty se u achromatického objektivu pak navzájem vykompenzují. Opravou plochy čočky jen nalešťujeme, neboť nové potřebné zakřivení asi nenalezneme napoprvé. Další postup se vždy řídí podle konkrétního výsledku prováděné zkoušky. Je ovšem otázkou, zda se nám taková práce vůbec vyplatí. Pro větší objektivy pravděpodobně tomu tak bude. Poznáme-li ale postupně, že objektiv tím inklinuje k nesprávné achromázii, je nabíledni, že jsme si v dobré víře věci přidavne spíše zkomplikovali. Dodatečné problémy probereme později.



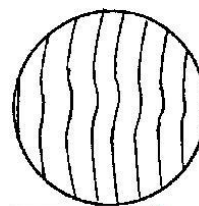
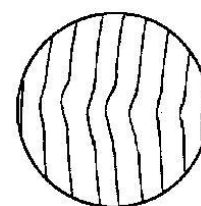
Obr.47

4. Achromatický objektiv se zonálními vadami.

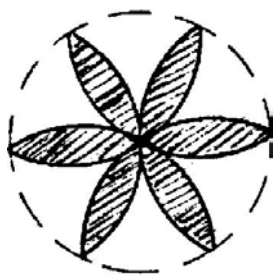
Nejčastějšími zónami, při autokolimaci pozorovanými, jsou „dolina“, anebo „kopec“. Ty mívají zpravidla tendenci lokalizovat se do geometrického středu projekce plochy achromatického objektivu rovnoběžnými souosými paprsky. Přitom se stav okrajových oblastí šetřeného objektivu v autokolimaci nejčastěji jeví vcelku jako správný. Příčinou takovýchto vad obvykle bývá chyba jedné z optických ploch objektivu. Někdy je ale nutno přiznat účast na nich i více nedobře formovaným optickým plochám jeho dílčích elementů. Potom „kopec“ na některé z optických ploch produkuje, při autokolimační Foucaultově stínové zkoušce, objektivní vzhled nám již známého stínového obrazce „doliny“ zrcadel a *vice versa*. Naznačujeme to obr.48. Má-li tedy náš stínový obrazec během prováděné autokolimace objektivu vzhled dolinového charakteru zrcadla, pak by bylo velmi potřebné jaksi nalézat právě ty z optických ploch čoček, jež samu přítomnost onoho „kopce“ vykazují. U popsání tvaru objektivu to možné je. Dejme tomu, že se nenachází na konkávní straně rozptylky, kde bychom ji i nejsnadněji zjistili, a necht' se rovněž prokáže, že ani na planární ploše se nevyskytuje, za použití interferenční zkoušky její zadní rovinné plochy, využitím přesného rovinného zrcadla. Abychom získali jistotu zonální nezávadovosti též i planární plochy rozptylky, nesmí být obrazec podobný stavu viděnému v obrázku 49. Přesnější testování rovinnosti je za pomoci přesného kulového zrcadla, což jsme si výše ozřejmili už dřív. Pak je, nad vši pochybnost, naše zonální závadovost rozložena buď pouze na jedné nebo i na obou plochách naší spojky. Abychom si zjistili, kteráže z jejích ploch to je, uchýlíme se k následujícího triku: kápneme za velmi dobře očištěné styčné plochy, mezi spojku a rozptylku, jedinou kapku glycerínu a jemným tlakem si tuto kapku rozšíříme až do okrajů.



Obr.48

Kopec na rovné ploše
(celková vypuklost).Kopec při celkové
konkavitě plochy.

Obr.49

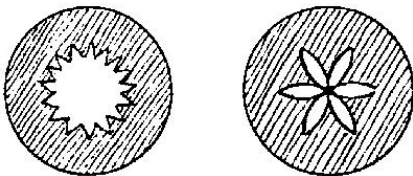


Obr.50

Distanční papírky mezi těmito plochami musíme odstranit a dotyčná místa navíc i velice dobře očistit. Pak náš objektiv vložíme do jeho objímky a vyzkoušíme jej autokolimací. Pokud nám „dolina“ vymizí, či zeslábně značně, je kopec na ploše 2. Zůstane-li obraz v původní síle, nezměněný, potom se nachází na ploše první. Zmírní-li se jen míň, potom se zóny vyskytují na obou optických plochách spojky. Zóna tvaru „kopce“ se odstraňuje leštičem zvláštního tvaru, který ukazuje obr.50 a podle nějž jej též i zveme „*leštičem listkovým*“. Sestrojujeme jej tak, že kruh o poloměru „kopce“ pravidelně ‘rozšestíme’ vymezením šestice bodů, aby center kružnic, vzájemně se ve středu kopce dotýkajících. Takový leštič má právě pro nás potřebný tvar a z něj i plynoucí vlastnost. Nejvíce leští kruh kolem svého středu a tuto vlastnost směrem kolem okraje kopce trácí. Opatrným leštěním, při obezřetně malém tlaku, spojeným s občasným bedlivým zkoušením, se rozhodujeme, daří-li se nám „kopec zatlačit“ již téměř beze zbytku (hlavně tehdy, nebyl-li příliš vysoký). Potom případně přešetíme danou plochu, za dokonalého kontaktu, což si ale vyžádá dost dlouhé „tlačení za studena“. Pracujeme, nepochybně, s velmi řídkou červení. Odstraňujeme či zeslabujeme tím totiž ty zóny, jež by měly, při našem postupu, tendenci vznikat.

Výhodné je provádět celý proces na konkávní ploše rozptylky, neboť jeho postup a vlastní účinek leštiče je na ní i snadno sledovatelný naší stínovou kontrolou bezprostředně, přímo. Kvůli kontrole tak ani nevznikne potřeba opakovaně vkládat komponenty objektivu do vlastní objímky dubletu při martýriu neustále se opakujícího dosahování bezvadné čistoty rozpracované rozptylky. Čištění obvykle reprezentuje až přemíru pečlivé práce ve spojení s opatrností. Naší snahou je totiž vytvoření pravidelné „doliny“, mající stejný rozměr i hloubku jako odstraňovaný kopec a jež za Foucaultovy zkoušky bude mít stín asi stejně intenzivní, jak nám jej autokolimační zkouška vyjevila pro složený objektiv. Jistě by nám již stačilo jeho autokolimační chybový vzhled jen oslabit. I jen tím objektiv vyhoví onomu „kritériu kvality, danému ostrým stavem zobrazení šterbiny“. *Vadu na jedné optické ploše optického systému objektivu se tedy hodí dokorigovat i retuší některé jiné optické plochy.*

Horší situace nastává tehdy, uvidíme-li za autokolimační zkoušky stav, kdy vzhled stínu na objektivu je odpovídající, „pro zrcadlovou plochu, kopci“. Potom je zapotřebí, za stavu správné sféry konkávní plochy rozptylné čočky, ovšem pokud chceme vyhnout zjišťování, na které/ých z optických ploch vada/y leží, přičiněním, vytvořit patřičný „kopec“. Pokud jsme ale takovou/é vadnou/é plochu/y již předtím popsáním způsobem přec jen našli, pak stačí leštit ji/e za dokonalého kontaktu tak, jak jsme popsali dříve situace s figurováním kulového zrcadla. Jde o nesporně nejlepší z možných způsobů. Kopec na rozptylce vytvoříme vhodnou



Obr.51

ovšem jsme-li zdravě ctižádostiví se potřebnému fortelu přiučit.

úpravou leštiče, který při ní převezme tvar negativu již uvedeného listkového leštiče z obrázku 51. Z celého leštiče vyřízneme část tohoto listkového tvaru. Leštíme krátkými tahy a postup kontrolujeme Foucaultovou zkouškou. Zabere to pochopitelně o mnoho víc času než (by) bylo zapotřebí k „smazání“ podobného kopce, jež jsme popsali před chvílí. Jistě, „kopec“ by bylo možné vytvořit, a rychleji, též i jinými způsoby, jeho pravidelnost by však již jistá nebyla. Není od věci, pokusit se o dosažení vytčeného cíle i oním dalším způsobem,

5. Objektiv vykazuje více zón:

Zde nelze učinit nic rozumnějšího, než se pokusit o opatrné kvalitní přešetění všech ploch. Kromě konkávní plochy rozptylky, pochopitelně, vykáže-li již stínovou zkouškou svou správnou kvalitu (což platí i pro její zadní planární plochu, vylučuje-li její odchylka od přesné roviny přítomnost jakýchkoli zón na ní). Je-li však zadní strana rozptylky konvexního typu, což pro aplanát, jak se dozvíme dále, platí vždy, nemáme jinou šanci, než ji – avšak ne *a priori*, nýbrž až po neuspokojivé závěrečné zkoušce - též přešetit.

Správným přešetěním dostaneme zón prostý dublet, jenž může ovšem opět být podkorigovaný či překorigovaný. Ale tím se dostáváme k aproximativním retuším obou z případů, probraných již výše.

6. Objektiv má osový astigmatismus nebo jinou nevíтанou nepravidelnou vadu na optické ose:

Osový astigmatismus, jak již víme, se projeví při Foucaultově zkoušce. Stín v poloze těsně před či za ohniskem se nešíří směrem vodorovným, či k vertikálně vedené přímce je nesouměrný. Ostří i šterbina stíno-

vého přístroje musí být pečlivě seřizeny nejen do vzájemné rovnoběžnosti, ale i výškově. Tedy tak, aby obraz šterbiny ležel vždy v té výši, v níž stojí i šterbina skutečná. Zkoušíme vždy alespoň ve dvou vzájemně protočených polohách optických ploch, zhruba o 45° kolem jejich společné optické osy, neboť je-li osa astigmatismu náhodně k ostří kolmá či vodorovná, nemůže se tato vada vůbec projevit. Zkoušku výrazně zcitlivujeme užítým okulárem. Při existenci vady se umělé hvězdičky, mající původ v námi zmatované žárovici, zpomaleným postupem rozostřování okuláru v obou směrech rozšiřují shodně rychle do tvaru úseček. Je-li výskyt této vady vskutku významný, potom v jejich zaostření, lze-li polohu vůbec tak nazvat, je vidíme ve tvaru ostrých kratších či delších čárek, jejichž nasměrování se protáhá shodně s rotací objektivu kolem optické osy. Jsou-li ale astigmatismem postiženy obě čočky, pak astigmatismus objektivu můžeme zmenšovat, ne-li úplně zrušit, jejich patřičným vzájemným protistočením v objímce. Jde o práci náročnou na trpělivost. Osovým stáčením čočky, vůči pevně situované té druhé, lze určit i tu, osově výrazněji astigmatickou.

Takto závadový objektiv lze opticky opravit jen spolehlivým přeleštěním všech jeho ploch tak, aby se staly zcela spolehlivě kulovými figurami. Hlídejme si pečlivě, aby během opravy bylo držadlo vždy k čočce přesně centricky uchycené. Velikost pozorované vady řídí i délku leštění. Zahajujeme hustší červení. Tu v průběhu postupu neustále zředíme až k hustotě téměř nezbarvené vody. Vyvíjený tlak má být v závěru co nejmenší. Pokud nám takový postup nepomůže, potom nejpravděpodobnější vysvětlení potíží střízlivou úvahou je to, že naše vada spočívá v povaze skla samého, nebo snad i jen v jednom z optických členů. Příčinami pak bývají nesymetrická vychlazení skla, či změny hodnot indexů lomu skla v závislosti na hloubce vnoru vůči povrchu. Ke každické vadě z nepravidelnosti, plynoucí asi ze shodné příčiny, přistupujeme shodně. Musím tu konstatovat, že jde o práci vesměs marnou. Rozšiřují-li se umělé či skutečné hvězdy při malém posunu okuláru nepravdělně, případně jsou-li paprsky v některých směrech od hvězdy hojnější než ve směrech jiných, je korigování tím postiženého objektivu zhořa vyloučeno. Má-li však nepravidelnost povahu komy, vylepšíme nepříznivý stav snad změnami v tloušťkách těch distančních papírků, jež se nacházejí ve směru projevené komy. Nejlépe tuto práci odvedeme za pomoci pozorování skutečných hvězd, za vhodného astroklimatu. *Může se stát dokonce i to, že osový astigmatismus pramení jen z distančních papírků samých, brali-li jsme je v prvotním sesazení dubletu za shodně tlusté a priori, tedy bez prověření opaku.*

Lze tvrdit, že osovým astigmatismem trpívají hlavně objektivy postavené na tenkých čočkách. Již při leštění obvykle dochází k jejich deformacím. Je jasné, že nejsou-li bezvadně podloženy, musí se po jejich sejmutí optická plocha na nich vždy nepravdělně zdeformovat. Též samotný proces slepování tenkých čoček kanadským balzámem, sám o sobě svou povahou nezajistí jejich finální nezdeformovanost. *Astronomické achromatické objektivy*, byť sebemenšího průměru, z právě uvedeného důvodu proto *nikdy neslepujeme přesto, že lepené objektivy vykáží vyšší světelnou účinnost* oproti objektivům nelepeným, *nebo že jsou prakticky prosté falešných reflexů, a už vůbec ne proto, že umožní výrazné zjednodušení konstrukce svých objímek*. Navíc ještě dodáme, že proti lepení čoček hovoří i reálná možnost, a to pozdějšího vzniku trhlin v balzámové vrstvě, též až po letech. Totiž, různá objemová roztažnost obou komponent čočkového objektivu, ať již z hlediska nevelké, ale reálně existující rozdílnosti příslušných dilatačních koeficientů, či z hledisek různé prostorové „figury“, odvíjené od dubletové rozdílné funkce čočky spojné oproti čočce rozptylné, provokuje nejčastěji ono její natrhávání. Následná oprava neblahého stavu objektivu pak nutně s sebou přináší nezbytnost jeho plného rozlepení, provázeného i návazným opětovným slepením jejich, jen krátce před tím, pracně oddělených a velmi pečlivě nato i čištěných optických členů. To je zvláště u větších objektivů reálně neovládnutelné amatérem, nemá-li, tou zcela výjimečnou příležitostí, ani šanci získat potřebnou praxi.

Špatné centrování čoček přímo v objímce lze poznat z projevu na výsledném zobrazení. To je jím prokazatelně lemováno na straně přečnívající flintové čočky červeně oproti straně zpravidla symetrické kolem středu, kde se jí obrysově nedostává. Tam je lemováno naopak zeleně. K podobnému úkazu také dochází v případech, není-li některá z čoček z výroby sama o sobě dobře vycentrovaná. I to se prokáže při proměrování její různou tloušťku v různých pozicích jejího okraje. Obě vady lze poněkud utlumovat tím, že vnitřní průměr objímky mírně rozšiřujeme, čímž poskytujeme čočkám dostačující vůli a současně v objímce zavedeme dva účelné systémy o třech rovnoměrně rozmístěných šroubích tak, aby se jimi dala každá z čoček posunovat do různých směrů kolmých k optické ose. Každý ze šroubků nesmí ale postrádat možnost fixace, prostřednictvím potřebných matic, své mnohdy obtížně dohledané polohy. *Pokud se nám podařilo konečně čočky objektivu správně vycentrovat* v jeho takto upravené objímce, což samo o sobě představuje mravenčí práci, *musíme tlak všech šroubků eliminovat jejich mírným a rovnoměrně nepatrným vyšroubováním o dostatečnou rezervu. Tyto polohy nesmíme opomenout spolehlivě zafixovat*. Proto u velkých dubletů s průměry nad 20 cm bývá jeden ze tří šroubků, každé z čoček, přitlačen z vnějšku vhodně tuhým pérem, jež čočce umožní se náležitě změnou teploty roztáhnout, aniž by to vyvolávalo její deformace nevykompenzovanou silou.

Poznamenejme konečně, že v jistých druzích realizace dubletu se paprsky mohou po průchodu spojnou čočkou odrážet od třetí optické plochy objektivu zpět. Po částečném odrazu od zadní plochy spojné čočky a i po

jejich dalším dílčím průchodu rozptylným členem se jim pak konečně zdaří spojovat se jen nedaleko výsledného skutečného ohniska objektivu. Tím vzniká falešný obraz, situovaný, žel, v blízkosti hlavního obrazu. Námi právě popsany typ objektivu má sklony poměrně lehce vytvářet falešné obrazy, jež v některých situacích mohou být i zcela ostré a zřetelné. To nastává u případů, kdy druhá a třetí optická plocha objektivu mají zcela shodný poloměr křivosti a nejsou-li příslušné distanční papírky přitom naprosto přesně svou tloušťkou shodné. Ty pak způsobí i jen mírně shodnou orientaci optických os obou optických komponent. O tom se lze snadno přesvědčit interferenční zkouškou. V ideálním případě shodně tlustých kritizovaných papírků totiž musí být interferenční kruhy zcela soustředné s vnitřní obrubou objímky, což je lehce rozeznatelné v případě jen malého počtu interferenčních kruhů. Ovšem velmi těžké je dosahovat právě zmíněné soustřednosti jejich kresby s okrajem objímky. Proto obvykle použijeme jeden z distančních papírků jako prokazatelně tlustší tak, aby použitím mírného přitlačení na čočku v jeho pozici, se střed našich interferenčních kruhů ke středu čočky těsně přibližoval. Následně se pokoušíme žiletkou jej velmi opatrně seškrabovat, vždy ve spojení se silným, opatrným přitlačením čočky. Přitom samozřejmě pozorně sledujeme přivozenou změnu polohového situování kruhů. Někdy se ovšem přihodí, že všechny tři papírky mají nestejnou tloušťku. Za takové situace je nejlepší řešení: opakování procesu nalepení ověřeně shodně tlustých distančních papírků. Též množství použitého lepidla hraje přitom svou roli. Proto je zapotřebí snažit se je, do okamžiku plného zatuhnutí nadbytku, příslušně vytlačit. Nedaří-li se nám naše snaha, nebývá až tak neobvyklé přikládat bezvadně očištěné čočky optickými plochami přímo na sebe. Uvědomte si však nesporná rizika, přinášena uvedeným způsobem uložení čoček, i míru důkladnosti námi projevované soustavné péče o bezprašnost a čistotu jak kontaktujících se ploch, tak i obecně. Ta by měla být, při nevyhnutelných okolnostech riskantního přiložení obou elementů objektivu v objímce na sebe, patřičně vysoká.

Jsou-li obě čočky dostatečně přesně souosé, potom dochází k vzájemnému krytí skutečného s falešným obrazem a v důsledku toho je právě popsany falešný obraz zcela neznatelný. Falešný obraz u stálíc vnímáme poblíž skutečného obrazu hvězdy jako velmi slabou (asi čtyřistakrát slabší) hvězdičku, zřetelnou jen potud, pokud je její obraz zcela ostrý. Je-li však její obraz i jen takřka neznatelným rozdílem poloměrů křivosti r_2 a r_3 „roz-máznut“, pak nebývá zpozorovatelný. To ale platí jen u světelně slabších objektů. Obecně se s tím nespokojíme, neboť falešné obrazy markantně ruší především u obrazů velmi jasných objektů, např. Měsíce či jasných planet. Pak se efekt falešných obrazů intenzivně světlých plošek vyjeví výrazně nepříjemně, škodlivě, a vši si-lou tak, že to vážně znervózní a tím i znepokojí, nejen nás, tvůrce, ale o to více uživatele dalekohledu.

Především z důvodů objektivních potíží s dosažením přesné souososti optických os obou čoček, bývá obvyklé opatřovat druhou a třetí optickou plochu antireflexní vrstvou. V tom případě bývá pak falešný obraz vskutku nepozorovatelný. Je však třeba připomenout, že znatelnější úhel „rozosení“ čoček produkuje především komu. S ní, produktem vlastního rozcentrování dubletu, již bývá skutečná svízel, neboť ji takřka nelze odstraňovat empirickým nakláněním objektivu jako celku, když ji již, bohužel, takto kompenzovat, z principu, nelze vůbec. To ještě uvedu dále v partii o justování refraktoru. Klamný obraz vzniká pak ve vzdálenosti d za skutečným hlavním ohniskem

$$d = 2f^2 \cdot (1/r_3 - 1/r_2) \quad (\text{III.8.1})$$

kde f je ohnisková vzdálenost dubletu. Nepřehlízíme přitom k vzájemné vzdálenosti jeho obou optických členů.¹

Můžeme se zmínit ještě o jednom typu téměř stejného objektivu, u něž prakticky žádné falešné obrazy vyskytovat nemohou, když záměrně jsou jeho příslušné poloměry křivosti r_2 a r_3 voleny tak aby byly více rozdílné. Spojka se v tom případě volí jako ekvikonvexní, platí u ní tedy rovnost obou poloměrů křivosti $r_1 = r_2$. Rozptylka se ponechává shodná s odpovídajícím elementem předchozího typu objektivu, je tedy plankonkávní. Poloměry křivosti určujeme z následujících rovnic.

$$r_1 = r_2 = 2f \cdot (n_1 - 1) \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_1}, \quad r_3 = \frac{f(n_2 - 1) \cdot (\nu_1 - \nu_2)}{\nu_2}, \quad r_4 = \infty. \quad (\text{III.8.2})$$

Poloměry křivosti r_2 a r_3 se liší od sebe málo, r_3 bývá větší. Tyto čočky pak, uloženy vedle sebe, se dotýkají vzájemně ve svých střezech. Při stejné sférické vadě rozptylky bývá sférická vada spojky „o fous větší“. Proto bývají takové objektivy, proti předchozímu druhu, přec jen mírně podkorigovány.

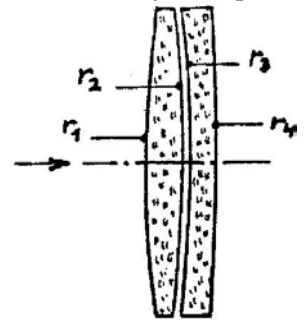
¹ Například: dublet s $f=1,5\text{m}$ a $r_3=0,4\text{m}$ je při $\delta r_{2,3}=0,1\text{mm}$ penalizován odsunutím klamného obrazu od ohniska o $2,8\text{mm}$. Vsuvka rev.

III.9. Achromatické aplanatické čočkové objektivy.

Jsou-li oba výše popsané typy objektivů správně vyhotovené, nejeví se jako špatné. Všechny mají komu, tj. optickou vadu, námi již poznanou v oblasti problematiky parabolických zrcadel. Ta se u vizuálního pozorování až tak rušivě neprojevuje. U běžně užívaných světelností 1:15, a při aplikaci obvyklých a obyčejných skel - tedy například BK7 s F2, se koma vyskytuje zhruba tak, jak je to obvyklé u parabolických zrcadel o světelnosti zhruba rovné 1:7. Citelnou komu lze snížit se snížit výběrem vhodných optických skel. V úvodních partiích této kapitoly jsem to i uvedl. Velká koma při astronomické fotografii nicméně vadí nepochybně. Tyto objektivy užíváme tak k amatérské fotografii Měsíce, Slunce, i jasných planet, tam se valně ještě neprojevují.

Větší objektivy se přesto zhotovují zpravidla záměrně tak, aby optickou vadou typu koma valně netrpěly. *Objektivy zbavené nejen otvorové a chromatické vady, ale spolu s nimi v případech zobrazování předmětů nekonečně vzdálených i komy, zveme aplanáty.* Achromázie těchto objektivů, přednostně astronomického určení, je však provedena poněkud rozdílně. Zmíním se ještě o tom později.

V porovnání s oběma již výše uvedenými zjednodušenými konstrukčními případy objektivů, je výpočet aplanatických objektivů mnohem složitější. U dřívějších typů jsme se totiž uspokojovali zahrnutím jediné podmínky, tou byla achromázie. Ani aplanatické typy nemají výpočetní požadavky přemrštěně velké. Jde u nich o řešení lineárních i kvadratických rovnic se složitými obecnými koeficienty, rozšířeními o znalosti trigonometrie i geometrické optiky. Dokonale spolehlivá znalost uvedených věcí se pak předpokládá. Ve snaze onen proces zpřístupnit, snažil jsem se proto o takové uspořádání výpočtu aplanatického objektivu, jež by nenavozovalo zbytečné potíže. To lze umožnit tím, že si napřed pomocí následujících rovnic určíme řadu pomocných veličin, jež nám již zjednoduší samostatné odvození poloměrů křivosti jednotlivých čoček. Poloměry křivosti čoček označuji, jako již dříve, r_1, r_2, r_3 a r_4 . Dle běžné optické konvence budou hodnoty těchto poloměrů kladné potud, dopadá-li světlo na konvexní povrch čočky. Záporné budou naopak vždy, dopadnou-li na konkávní. Znaménka hodnot poloměrů křivosti objektivu na obrázku 52, při dopadu světla z levé strany, jsou: $r_1 : +, r_2 : -, r_3 : -$ a $r_4 : -$.



Obr.52

Dále značí n_1 a n_2 indexy lomu spojné a rozptylné čočky (jako obvykle pro čáru d), f_1, f_2 představují ohniskové vzdálenosti spojky a rozptylky. F je výsledná ohnisková vzdálenost achromatického objektivu, v_1, v_2 značí jako dříve Abbeova čísla skla spojky a rozptylky, rovná konkrétním hodnotám $(n_d - 1)/(n_F - n_C)$. Závěrem využíváme ještě i jejich poměr, tj. $k = v_1 / v_2$. Před provedením samotného výpočtu je vhodné si přečíst následující kapitolu, probírající achromázii achromatického objektivu. Z druhé z dvou dále uvedených rovnic si spočteme p_1 a dosadíme ji do rovnice první.

$$\frac{p_1}{n_1} \left(2 \cdot p_1 - \frac{n_1}{n_1 - 1} \right) + \left(p_1 - \frac{n_1}{n_1 - 1} \right)^2 - k \cdot \left(-1 + \frac{p_2}{n_2} \right) \cdot \left(2 \cdot p_2 + \frac{n_2 \cdot k}{n_2 - 1} \right) - k \cdot \left(p_2 + \frac{n_2 \cdot k}{n_2 - 1} \right)^2 = 0 \quad (\text{III.9.1})$$

$$a \quad \frac{n_1 + 1}{n_1} \cdot p_1 - k \cdot \frac{n_2 + 1}{n_2} \cdot p_2 - \frac{n_1}{n_1 - 1} + k - \frac{n_2 \cdot k^2}{n_2 - 1} = 0 \quad (\text{III.9.2})$$

Získáme kvadratickou rovnici pro p_2 . Z ní pro p_2 máme dva různé kořeny, i znaménkově. Praxe užívá jen zápornou hodnotu nalezeného parametru p_2 . Dosazení do druhé rovnice dá hodnotu p_1 a rádiusy čoček pak jsou

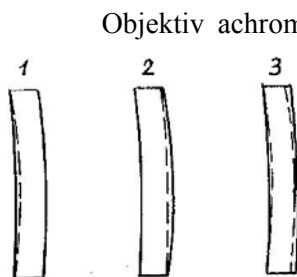
$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{F \cdot (1 - k)}{p_1} & r_2 &= \frac{F \cdot (1 - k)}{p_1 - \frac{1}{n_1 - 1}} \\ r_3 &= \frac{F \cdot (1 - k)}{p_2 + 1} & r_4 &= \frac{F \cdot (1 - k)}{p_2 + 1 + \frac{k}{n_2 - 1}} \end{aligned} \quad (\text{III.9.3})$$

Právě našlé hodnoty poloměrů křivosti (srovnej s [28]) platí za předpokladu zanedbatelných tloušťek čoček oproti nim a vzájemného doteku obou čoček v místech jejich vrcholů. Tehdy nám výsledná ohniska dubletu čoček prakticky splynou pro barvy odpovídající Fraunhoferovým čarám F (486,1 nm) a C (656,5 nm).

III.10. Achromázie astronomických objektivů.

Achromatizování vizuálního čočkového astronomického objektivu je nejvhodnější, jak se ukazuje, buď pro spektrální čáru F (s $\lambda_F = 486,1$ nm) a čáru B (o délce světelné vlny 686,7 nm), nebo pro spektrální čáru F a délku vlny spadající na střed spektrálních čar B a C (a tedy o $\lambda_{(B+C)/2} = 671,5$ nm).

Zde upřednostňujeme achromázii BF přesto, že jde, z běžného zřetele, jen o věc názoru. U achromázie BF je světlý předmět obklopen míň nápadnou a slabou září fialovou, než by tomu bylo v případě záře purpurové (či příhodněji popsané červeno-fialové), jež je zcela typická pro případ achromázie F, (B+C)/2. Za autokolimační zkoušky objektivu první verze naší achromázie, objevujeme při poloze ostří blízko ohniska komplementární barvu žlutou a fialovou. Pro případ alternativní nové achromázie F, (B + C)/2 potom barvy mezi BF a CF. Shodné barvy se objeví i při obrazu rozostřeném.



Obr.53

Objektiv achromatizovaný uvedenými způsoby je chromaticky překorigovaný. Přitom je nutno ještě kvůli úplnosti podotknout, že čočkové objektivy podkorigované (jde například o achromatické objektivy určené pro hvězdnou fotografii) vykazují barvu modrou a červenou a ukazují se jako nevhodné pro účely vizuálního pozorování. Někdy se stává, že vinou indexů lomů, udaných ne zcela přesně sklárnou, použité optické sklo produkuje, se achromatický objektiv vyrobí jako podkorigovaný, byť nechtěně. Je-li přitom otvorová vada malá, což bývá málokdy, stojí za to se pokusit takto závadový objektiv napravit tím, že se snažíme dále zvětšit optickou mohutnost rozptylky achromatického dubletu či jinak řečeno, snažíme se tu dosáhnout větší lámavosti. Provádíme to třemi způsoby naznačenými na obr.53.

První ze způsobů zvolíme tehdy, je-li objektiv sféricky podkorigován, druhý pak tehdy, je-li sféricky překorigovaný a poslední z naznačených způsobů pak za situací, kdy jsou objektivy správně sféricky korigované, ale je nutné přebrousit obě optické plochy rozptylky. Přitom celkové prohloubení či zploštění každé individuální plochy rozptylné komponenty musíme odhadovat. Počneme s 1/10 mm u objektivu průměru 10 cm, s 2/10 mm u objektivu průměru 15 cm. Bedlivě postup sledujeme a výsledek nás instruuje k dalšímu postupu. Je to práce velmi nevďěčná, jsou-li současně cílem korekce více vad než jediné. To bývá běžné u značných sférických podkorekcí. Práce takové šíře se ale vyplatí jen pro achromatické objektivы větších průměrů. Tj. tehdy, vzniklo-li nebezpečí zmaru velkých investic materiálních, i morálních.

III.11. Výpočet indexu lomu čáry B (s $\lambda=686,7$ nm), případně pro $1/2(B+C)$ (s $\lambda=671,5$ nm).

Index lomu pro čáru B se běžně neudává. Proto nám zbývá jediná možnost, totiž příhodně si jej vypočítat. Abychom to provedli korektně, využíváme hodnoty indexu lomu pro čtyři jiné spektrální čáry. Přitom využíváme Cauchyho formule dovolující vyjádřit index lomu pro libovolnou délku světelné vlny:

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \frac{d}{\lambda^6} + \dots, \quad (\text{III.11.1})$$

kde n je námi hledaný index lomu pro zadanou délku světelné vlny a konstanty $a, b, c, d, \dots$ parametrizující druh užitého skla. Praxe užívá tři členy Cauchyho vzorce¹, upraveného navíc vlevo menšítelem -1 .² [3]. Nám ale jde o exaktní postup: Výpočet praktického zadání: Úkolem je nalezení indexu lomu délky světla 671,5nm u skel K9 a F3, s indexy lomu pro $\lambda_c=656,5$ nm, $\lambda_d=587,6$ nm, $\lambda_F=486,1$ nm a $\lambda_g=435,9$ nm.

¹ a hodnoty konstant a, b, c udávané tabulkou:

t [°C]	$a \cdot 10^4$	b	$c \cdot 10^4$
0	2,876	1,43	3,8
15	2,726	1,23	3,6
30	2,590	1,23	2,6

Vsuvka rev.

² Prakticky výhodnější je řešení pomocí Cornuova vzorce tvaru:

$$n_\lambda = n_2 + (n_1 - n_3)/(1 + d) \quad (\text{III.11.2})$$

kde pro d platí vztah :

$$d = \frac{(\lambda_1 - \lambda)(\lambda_3 - \lambda_2)(n_1 - n_2)}{(\lambda - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_1)(n_2 - n_3)}. \quad \text{Pozn.rev.} \quad (\text{III.11.3})$$

Skla:

K9(korunové) $n_c=1,51163$, $n_d=1,51420$, $n_F=1,52009$, $n_g=1,52469$;

F3(flintové) $n_c=1,60819$, $n_d=1,61306$, $n_F=1,62472$, $n_g=1,63434$.

Nástin řešení: Sestavíme dvě soustavy čtyř lineárních algebraických rovnic o čtyřech neznámých, kterými budou koeficienty vztahu (1) a, b, c a d a jejichž pracovními koeficienty budou v řádcích hodnoty příslušných záporných mocnin pořadově zadané vlnové délky, pravými stranami pak indexy lomu pro tuto vlnovou délku. Matice soustavy je jediná, sloupce absolutních členů dva. Proto se vyplatí spočítat matici inverzní k matici soustavy. S její pomocí dostáváme dvě sady konstant a, b, c, d . Jedna je pro sklo korunové, druhá pro flintové. Jejich aplikace na vztahu (1) pak zprostředkují hodnoty indexu lomu $n_{671,5}$ pro obě tato skla.

Výpočet byl proveden na osobním počítači v Borland Pascalu. Pro numerickou kontrolu nicméně udávám tyto mezivýsledky:

Matice obou soustav jsou shodné a v tvaru uvedeném na následujících 4 řádkách:

Koeficienty a, b, c, d jsou v spodních sloupcích

1,0	$2,32023 \cdot 10^{12}$	$5,38345 \cdot 10^{24}$	$1,24908 \cdot 10^{37}$
1,0	$2,89625 \cdot 10^{12}$	$8,38828 \cdot 10^{24}$	$2,42946 \cdot 10^{37}$
1,0	$4,23203 \cdot 10^{12}$	$1,79101 \cdot 10^{25}$	$7,57960 \cdot 10^{37}$
1,0	$5,26291 \cdot 10^{12}$	$2,76983 \cdot 10^{25}$	$1,45774 \cdot 10^{38}$

Sklo korunové:

$a : 1,50061$

$b : 5,08940 \cdot 10^{-15}$

$c : -1,86560 \cdot 10^{-28}$

$d : 1,68554 \cdot 10^{-41}$

Sklo flintové:

$1,58846$

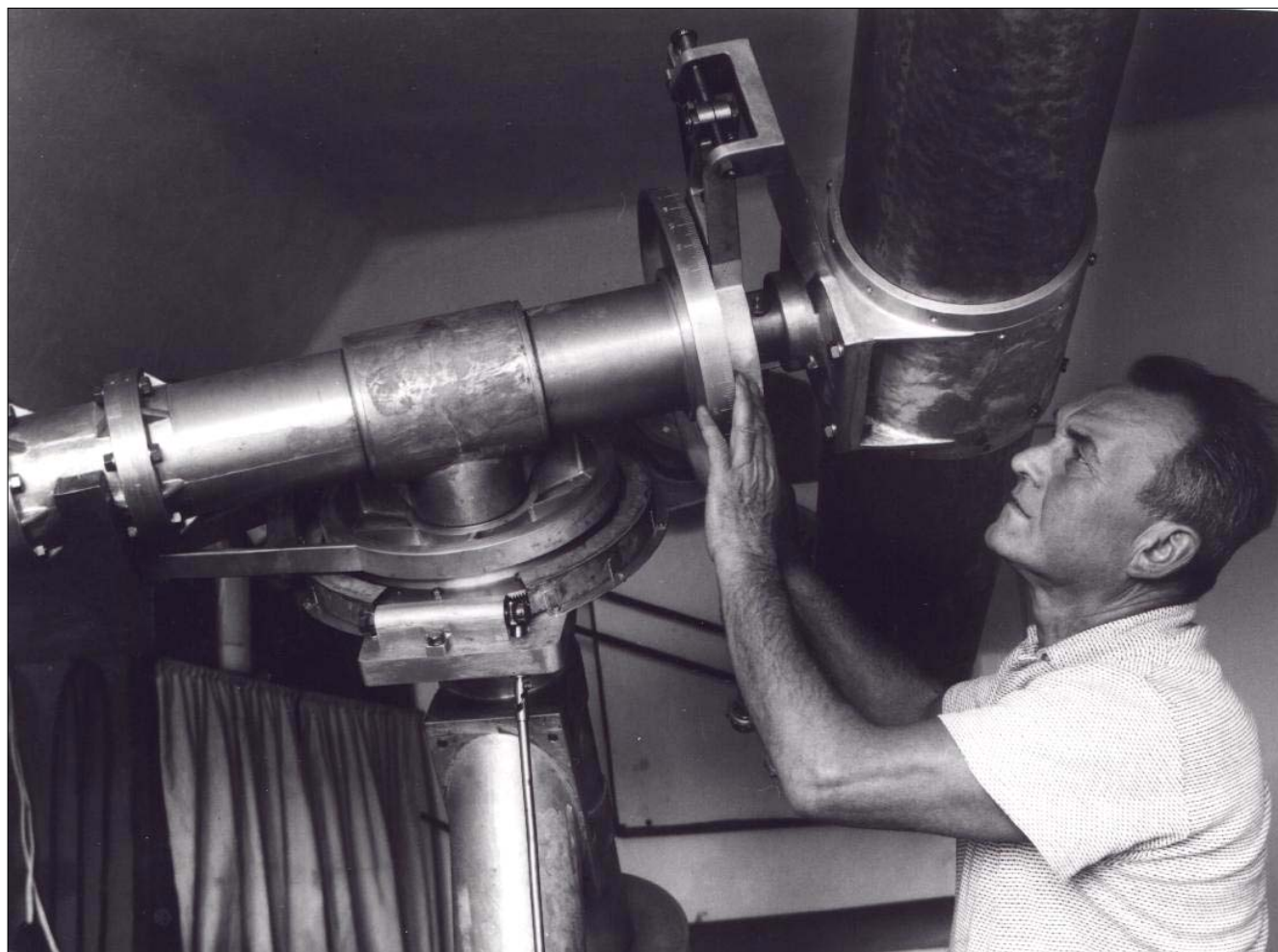
$8,79288 \cdot 10^{-15}$

$-2,13207 \cdot 10^{-28}$

$3,77617 \cdot 10^{-41}$

Jako výsledek dostáváme tyto programem spočtené hodnoty: $n_{K:671,5} = 1,51117$ a $n_{F:671,5} = 1,60733$.

Později jsem v písemnostech Dr.Klíra našel tuto chybějící pasáž (jež tak unikla redakci pana Kozelského) s výsledky indexu lomů menšími o 1 a 2 stotisíciny. Výsledky ručního výpočtu stvrzují Gajduškovy posudky Dr.Klíra, co skvělého počtáře na mechanických kalkulátorech, v jeho vlastním životopisu, viz str.129. Vsuvka rev.



Využijte vzácnou možnost k nahlédnutí okénkem kuchyňky 1. patra domku Mistra Kozelského v říjnu r.1962. To dohotovoval refraktor s achromatickým objektivem průměru 20cm o ohniskové vzdálenosti 3m p. prof.V.Gajduška, na paralaktické montáži vlastní konstrukce, pro LH Žďánice(viz str.52). „Hle, ti chlapi nestrpěli laický amatérizmus, ale ctili cíleně perfektní mistrovství!“

IV. Co je nezbytné vědět o okulárech.

IV.1. O astronomických okulárech všeobecně

Okulár slouží ke spoluzvětšovanému zprostředkování vesměs přímo nepostřehnutelného obrazu, vytvořeného objektivem dalekohledu sbíhavými paprsky lidskému oku tím, že je převádí na opět téměř souběžné, vlastní k vidění oka. Využívá při tom *princip lupy*, taktéž spoluzvětšující oku pro ně již těžce rozlišitelné titěrné předměty, produkované silně divergujícími paprskovými svazky, jím již též neakomodovatelnými, převedením jich na ty akomodovatelné svou málodivergentností. U astronomického dalekohledu totéž provádí tzv. *astronomický okulár*, individuálností své konstrukce speciálně určený pro různé obory astronomie. Mnohost jejich odvětví i úloh dala vzniknout hierarchii několika rozdílných typů a z těch je každý rozimplementován do mnoha alternativ. Každý typ vykazuje přitom zpravidla zcela charakteristické vlastnosti. Především z toho důvodu je pro daný astronomický přístroj nutné odhadnout, a to na základě převážně předem mu stanovených cílů, které z typů astronomických okulárů budou pro uvažovaný dalekohled vhodné, a která z jejich alternativ pak je ve spojení s ním vůbec ta nejvhodnější. U nás tradičně po dlouhou dobu bývala možnost jakýchkoli výběrů prakticky nulová. Speciální okuláry pro účely astronomie se totiž v tuzemsku nevyráběly vůbec. Dříve si astronomické kroužky a lidové hvězdárny sice mohly potřebné okuláry organizovaně objednávat, zpravidla ty od firmy Carl Zeiss z východoněmecké Jeny, ale u běžného zájemce býval přístup k této produkci vpravdě pouhým snem. Takto tradičně postiženým entuziastům jsou řádky této kapitoly určeny především. Méně je těmito lidem ale znám fakt, že všestranný kutil, opatřený buď vhodnými čočkami, či schopný sám si je i vybroušením vyrobit, si může sám vhodné okuláry z nich konstruovat, sestavovat, a tím si i sám zpřístupňovat jejich vhodnou výrobní selekci. Pomocí příslušných kombinací nemusí si nechat vnucovat konsumní zájmy jiných, či už vůbec nechat sebe jakkoli odrazovat. Ještě se o tom zmíníme níže.

K pochopení tohoto článku je prospěšné ujasnit si stručně základní pojmy přístrojové techniky: *zvětšení dalekohledu* Γ , určuje formálně podíl hodnot ohniskových vzdáleností objektivu a konkrétního okuláru. Zvětšení nám vlastně udává kvantifikovaně okolnost, pod kolikrát násobným zorným úhlem vidíme pozorovaný předmět v dalekohledu, než jej ve skutečnosti vůbec obsáhneme neozbrojeným okem. Přesně vzato, namísto úhlů je nutné zvažovat hodnoty jejich tangent. *Relativní zvětšení* přitom značí všeobecně zvětšení, připadající na jeden centimetr průměru použitého objektivu. To pro jistotu v textu rozepisují, když k údaji doslovím: „na 1cm průměru objektivu“ Pak za velké relativní zvětšení označujeme to větší než desetinásobné na jeden centimetr průměru objektivu a za malé to s hodnotou menší než pětinasobné, v tomto smyslu. *Světelnost objektivu* A přitom chápeme jako poměr průměru objektivu k jeho ohniskové vzdálenosti. Např. u čočkových dalekohledů se běžně setkáváme se světelnostmi 1 : 15. Světelnějšími bývají hlavně reflektory, s hodnotami okolo 1 : 8, ale podobné takové bývají i speciální refraktory, např. hledače komet. Coby nejsvětelnější lze obvykle vyjmenovat speciální zrcadlové objektivy hodnot světelností 1 : 4, i vyšších. Všimněme si okolnosti, že zrcadlové objektivy bývají obecně výrazně světelnější než klasické čočkové objektivy. Prof. G. W. Ritchey, svou astrooptickou iniciativou astronoma profesionála s nimi v echu výzev G. E. Halea, spoluzahájil 20.století kvalitativně moderními astronomickými i astrofyzikálními trendy.

Důležitý pojem představuje tzv. *výstupní pupila*. Obrátíme-li čočkový dalekohled, zaostřený do dálky, směrem k jasné obloze, můžeme na stínítku, umístěném blízko za okulárem, zachytit a zaostřit malý světlý kroužek. Jde o zmíněnou výstupní pupilu. U reflektorů se projevuje na ní ještě navíc i jeho mechanicko-optická konstrukce tím, že namísto jednolitého světlého kroužku, pozorujeme jen světlé mezikruží, vně tmavého středového kotoučku, způsobeného zastíněním hlavního zrcadla, tzv. *primáru*, diagonálním rovinným, či zpětným konikoidálním sekundárním zrcátkem. Velikost tmavého středového kotoučku je přímo úměrná velikosti centrálního zastínění primárního zrcadla. Výstupní pupilou tedy procházejí veškeré paprsky prošlé objektivem, tj. ty, přispívající tvorbě obrazu. Průměr výstupní pupily stanovíme hodnotou poměru průměru objektivu, tzv. velikosti *vstupní pupily* přístroje, ku zvětšení dalekohledu. Při velkém zvětšení bývá průměr výstupní pupily mnohdy menší jednoho milimetru, pro malé zvětšení naopak větší dvou milimetrů. Neznáme-li proto aktuální zvětšení dalekohledu, lze si je stanovit vydělením průměrů pupil, právě té vstupní, tou té výstupní. To platí, jsou-li obě hodnoty udány v těchže jednotkách délky, obvykle v milimetrech. Výstupní pupilu nalézáme prakticky v ohnisku okuláru, přesněji vzato, mírně za ním a lze ji i chápat jako obraz objektivu, vytvořený okulárem. Bereme-li vnější obrys objektivu za mez vstupní pupily přístroje, pak vnější mezí výstupní pupily je okulárové zobrazení oné vstupní meze. Její pozice navíc představuje tu nejvhodnější polohu oka při vizuálním pozorování. Je-li průměr výstupní pupily větší než průměr duhovky (pupily) oka, pak do něj vchází jen jí prošlá část světelných paprsků od objektivu. Každému je nejspíše zřejmé, že pak je nadměrná výstupní pupila nad aktuální vstupní pupilu oka oním svým přebytkem zcela nepřínosná. To ještě zmíníme. *Zorné* či *obrazové pole okuláru* je zdánlivý prostorový úhel okulárového vjemu a udává ve stupních jím již neakceptovatelných směrů, s optickou osou v roli symetriály.

Z astronomických okulárů jsou negativní, jako např. Galileův, nevýhodné svým malým zorným polem. Proto pozornost věnujeme pozitivním okulárům Keplerovým, z nichž *nejjednodušším užitečným okulárem je ploskovypuklá spojná čočka o malé ohniskové vzdálenosti, s polohováním své rovinné plochy blíže našemu oku*. Jako okulár vykazuje několik různých vad:

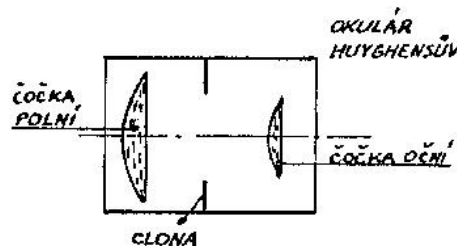
1. Sférická vada. Její podstatu, jakož i vady chromatické, bereme za známou. Absolutní velikost je obecně závislá na světelnosti objektivu a na ohniskové vzdálenosti okuláru. Sférická vada je i pro případ velmi světelných objektivů o světelnosti 1 : 4 až 1 : 5 natolik malá, že blízko středu zorného pole ani nemůže mít podstatný vliv na kvalitu obrazu. V této pozici jsme ji schopni jen obtížně demonstrovat.
2. Chromatická vada ve středu zorného pole je poněkud závažnější, ale přibližně platí o ní totéž, při uvedené maximální světelnosti objektivu, co bylo řečeno o vadě sférické. I ji lze demonstrovat jen obtížně.
3. Chromatická difference zvětšení je vadou závažnou, projevující se mírně různou velikostí obrazu v modré k barvě červené. Vždy je o něco větší. V důsledku toho mívá světlý předmět na tmavém poli, jakým je například planeta, ke středu bližší okraj lemovaný červeně, vzdálenější naopak bývá okrášlen modře. Vada narůstá s vzdáleností obrazu od optické osy, tedy od středu zorného pole. Obraz hvězdy se proto vykazuje, namísto svítícího bodu, malým spektrem.
4. Zkreslení obrazu je vadou menší důležitosti. Obraz úsečky, ležící mimo střed zorného pole, se jeví jako křivka vypuklá vůči jeho středu (soudkovitost), někdy se však i snáší do něj (poduškovitost).
5. Zakřivení obrazového pole se projevuje růzností zaostření okuláru na hvězdu ve středu zorného pole oproti hvězdě mimo jeho střed. Pozdější případ si vynucuje zasunutí okuláru k doostření, o jakousi nezbytnou míru.
6. Astigmatismus šikmých paprskových svazků odpovídá deformaci obrazu bodu rozdílnými chody paprsků o různé poloze vůči optické ose (je největší mezi tzv. *tangenciálními* a *sagitálními* svazky paprsků).

Přeze vše zmíněné lze však uvést, že ploskovypuklá čočka, omezíme-li se u ní na nevelké zorné pole, zhruba 15 až 20°, v němž bývají mimoosové vady ad 3 až 6 zpravidla malé, není okulárem špatným. Tehdy jsou totiž hlavní vady ad 1 a ad 2 tím menší, za předpokladu objektivu jisté světelnosti, čím je ohnisková vzdálenost okuláru kratší. Proto lze využívat k velmi velkým zvětšením i u značně světelných objektivů, jakými bývají hlavně zrcadla, jednoduchou ploskovypuklou čočku. Proto pro informaci uvádím, že pro světelnost objektivu rovnou 1 : 4 lze považovat takové jednoduché okuláry o ohniskové vzdálenosti $f = 22$ mm, či menší, za prakticky bezvadné komponenty u zorných polí s velikostí do 15°. Pro menší světelnosti objektivu (1 : 5) již může být využita v roli bezvadného okuláru jednoduchá čočka s $f = 50$ mm, či s kratším ohniskem. Výstupní pupila, obecně $d = D/f = f_2 D/f_1 = f_2 A$, je v prvním případě $22.1/4 = 5,5$ mm, v druhém případě pak $50/5 = 10$ mm. Jde o hodnotu vyšší, než jaká pro běžné potřeby obvykle bývá maximální pupila oka, ale na závadu to nebude.

Z dosud uvedeného je zřejmé, že s ploskovypuklou čočkou, užitou v roli okuláru, lze dosahovat prakticky každé zvětšení, tedy počínaje maximálním a konče minimálním, navíc i při dobré jakosti obrazu o zorném poli 15 až 20°. Jak jsem již uvedl výše, cítím potřebu zdůraznit tuto skutečnost především proto, že u nás jsou zvláště složitější okuláry těžko dostupné a přitom vhodná malá ploskovypuklá čočka je dostupná snáze, případně si ji i poměrně snadným brousícím postupem můžeme vyrobit v dobré kvalitě svépomocí. Kromě toho, což je rovněž důležité, mívá jednoduchá ploskovypuklá čočka navíc též i minimální světelné ztráty, stejně i vnitřní reflexy. Láková je i triviální mechanická konstrukce optiky onoho druhu okuláru.

IV.2.Huygensův okulár.

Na obrázku 54 vidíme Huygensův okulár, složený ze dvou plankonvexních čoček, obrácených rovinnými plochami směrem k oku. Je-li f_1 ohnisková vzdálenost kolektivní (nebo též tzv. *polní*) čočky a f_2 je ohnisková vzdálenost tzv. *oční* čočky, se vzdáleností mezi nimi značenou za d , pak je nutná platnost vztahu $d = (f_1 + f_2)/2$. Poměr $f_1 : f_2$, tedy vnitřní zvětšení, se volívá rovný 3:1. Takto konstruovaný okulár mívá, oproti plankonvexní čočce stejné ohniskové vzdálenosti, asi jedenapůlkrát větší sférickou vadu. Ohnisková vzdálenost je na barvě užitého světla nezávislá. Tedy vada ad 3 předchozího odstavce, tj. chromatická difference zvětšení, v našem případě, i tu vhodně odpadá. Zkreslení obrazu se projevuje mnohem méně, než u jednoduché plankonvexní čočky se stejnou ohniskovou vzdáleností a stejně platí i pro zakřivení pole, i pro



Obr.54

astigmatismus. Clona vymezující zorné pole musí být umístěna mezi oběma komponentami okuláru. Tam lze též umístit nitkový záměrný kříž, mikrometr však nikoli. Tento typ okuláru se ukazuje jako velmi vhodný pro objektivu o malé světelnosti, tj. mezi 1:10 až 1:15 a v tomto případě bývá jeho zorné pole téměř 40° velké. Pro malá zvětšení, a především pro světlejší objektivu, je však tento typ okuláru vhodný daleko méně. Tak například pro zrcadla o světelnosti 1:6 vyhovují okuláry tohoto typu jen potud, jsou-li o ohniskových vzdálenostech menších než 10 mm. Pokud je Huygensův okulár správně konstruován i proveden, je v jistém smyslu achromatický, přitom se tu však nejedná o achromázii v obvykle námi chápáném slova smyslu, nýbrž jde o tzv. *stabilní achromázii*. Často se využívá i jako okulár v mikroskopech. Jsou-li však tyto okuláry vyráběny pro mikroskopy účelově, bývá jejich technologie, žel, značně nedokonalá. Pro mikroskopy jsou pak vady ještě únosné, ale pro dalekohledy jsou však již jen velmi nevhodné. S ohledy na snadnou výrobu totiž výrobci notoricky podceňují správnou pozici čoček, ani kvalita provedení optických ploch nebývá, žel, valná. Bývá vskutku zle podřadná.

IV.3. Ramsdenův okulár.

Původní Ramsdenův okulár by měl mít, podle vykreslení na obrázku 55, dvě stejné ploskovypuklé čočky, natočené konvexními optickými plochami proti sobě, vzájemně vzdálené o ohniskovou vzdálenost. Takový okulár by sice výborný byl, nicméně v této podobě je prakticky nevyužitelný. To proto, že každý náhodný prášek, ležící na polní čočce, svou zřetelností, oproti pozadí vzniklému z pozorovaného objektu, škodlivě pozorovatele ruší. Především proto se Ramsdenův okulár vyrábí s oční čočkou o mírně menší ohniskové vzdálenosti, než má čočka polní, jež se dává k oční čočce mnohem blíže, před její ohnisko. Touto úpravou se zřetelnost zaprášení polní čočky značně snižuje. Výsledné ohnisko se u tohoto okuláru situuje před polní čočkou, vně optický systém okuláru. Clony omezující zorné pole, i záměrné kříže, či mikrometrické destičky, se tak mohou pohodlně rozmístit do něj,

aniž překážejí. Ramsdenův okulár má oproti okuláru Huygensovu sférickou vadu citelně menší a tím je dobře využitelný i u značně světelných reflektorů. Nepříznivě význačnou chybou Ramsdenova okuláru je chromatická vada, vzrůstající se vzdáleností pozorovaného objektu od středu zorného pole. *Ramsdenovy okuláry se obvykle nevyrábějí, dají se však konstruovat velmi jednoduše v amatérských podmínkách*, podobně jako okuláry Huygensovy. Jejich ohniskové vzdálenosti mohou být proto i kratší než čtyři milimetry, při současné jejich nezátíženosti jak sférickou, tak i chromatickou vadou. Tím skvěle zprostředkovávají dosti značná zvětšení. Výstupní pupila u nich, žel, bývá těsně za čočkou oční. To vede k co nejtěsnějšímu umístění rohovky oka za oční čočku okuláru za okolností, kdy je potřeba pozorného prohlížení zorného pole vcelku. Tím se k oku přivrácený povrch oční čočky snadno znečišťuje a vynucuje si pravidelně častá čištění. Jde o dosti nepříznivý aspekt aplikace Ramsdenova typu okuláru.

Obr.55

Pokud vhodně zvolíme ohniskové vzdálenosti, můžeme dojít i k okuláru orthoskopickému, tj. takovému, jenž nezkrsluje a v jehož zorném poli se nacházející správné úsečky, odpovídají zcela úsečkám předmětového pole ve skutečnosti. U Huygensova okuláru této vlastnosti nedosáhneme vlastně nikdy, neboť jeho základní optickou charakteristikou je mírné poduškovité zkreslení. Fakt výrazné výhodnosti krátkoohniskových okulárů oproti dlouhoohniskovým téhož typu, pro konkrétní dalekohled, si objektivně vysvětlujeme hlavně tím, že jak sférická, tak chromatická vada, i vady mimoosové, jsou, u krátkoohniskové verze daného typu okuláru, běžně velmi malé a jejich vliv zdaleka tak neruší, jako u dlouhoohniskových alternativ. Ty bývají nekvalitou naopak až neúměrně degradované.

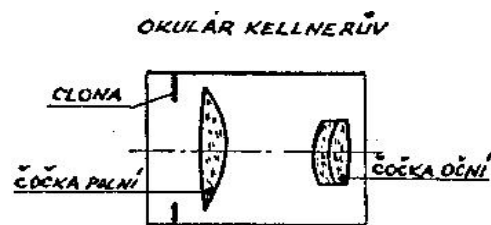
Ramsdenův typ astronomických okulárů bývá vhodný i pro značně světelné objektivu. Takové okuláry se uplatňují proto především tehdy, usilujeme-li o dosažení poměrně velkých zvětšení výrazněji krátkoohniskovým objektivem. Může to být smysluplné však jen tehdy, jde-li o objektiv svou optickou kvalitou natolik výrazný, aby jeho případné optické vady nemohly za velkých zvětšení rušivě vyniknout, právě výší své úrovně.

IV.4. Achromatické okuláry.

a. Kellnerův okulár.

Všechny achromatické okuláry odstraňují velmi dokonale hlavně chromatickou vadu. Kellnerův okulár, jak snadno nahlédneme z obrázku 56, je vlastně achromatizovaným Ramsdenovým okulárem. Jeho achromázie se dosahuje tmeleným očním dubletem, chromaticky i sféricky poněkud překorigovaným. *Všechny základní vady jsou tím odstraněny, či alespoň citelně zmenšeny.* Okulár Kellnerova typu se proto hodí i pro malá zvětšení,

běžně dosahovaná i velmi světelnými objektivy. Zorné pole málo světelných objektivů bývá asi 40° . Výstupní pupila je však umístěna velmi blízko za oční dublet. A to je hlavní příčina toho, proč *nelze Kellnerův okulár dosti dobře zhotovovat pro příliš malé ohniskové vzdálenosti*, tj. pod 9 mm. Dvojnásobným odrazem na optických plochách čoček vznikají i *klamné obrazy*, při nichž čtyřikrát zeslabené světlo nám vnikne i s neodraženými paprsky, po dvojím odrazu též společně, do oční pupily.

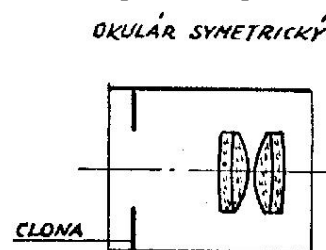


Obr.56

U jasných hvězd se tímto způsobem vytváří neostrý, klamný obraz. Ten se jeví jako větší či menší kruhová a matně osvětlená skvrna. Případ menší skvrny je nevýhodnější. Odražené světlo je totiž v ní samozřejmě koncentrovanější a skvrna je proto i výraznější. Ve svém konečném efektu dokáže být proto za pozorování mnohem víc rušivější. Některé konstrukce okulárů dosahují značnou rozptýlenost odraženého světla a tím se dosahuje i toho, že klamné obrazy jsou v nich svou nenápadností takřka nepozorovatelné.

b. Symetrický okulár.

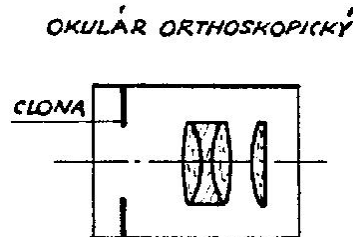
Jak vidíme z obrázku 57, lze symetrický okulár vyrobit ze dvou stejných achromatických dubletů, obrácených vypuklejšími stranami k sobě tak, aby se vzájemně téměř dotýkaly. Máme-li současně přidružen požadavek širšího zorné pole, potom i průměr, každého z dubletů, by měl dostatečně dosahovat tím takřka polovinu z jeho výsledné ohniskové vzdálenosti. Celek tak tvoří velmi dobrý okulár, o přibližně poloviční ohniskové vzdálenosti dubletu. Navíc, výstupní pupila se nalézá poměrně daleko za oční čočkou. Proto je nalézáme běžně u puškových dalekohledů, u vojensky zaměřené optiky, v rolích nejrůznějších cílů, atp.. Jsou-li achromatické dublety současně voleny jako aplanatické, což obvykle bývá (avšak není-li zadní plocha flintové čočky rovinná), nalézá pak tento okulár své platné využití i při spojení s velmi světelnými zrcadly. Je-li zadní plocha naopak rovinná, potom má okulár tendenci příliš zkreslovat.



Obr.57

c. Orthoskopický okulár.

Schematicky je typ tohoto okuláru znázorněn na obrázku 58. Oprávněně jej pak označujeme jako nejlepší z okulárů neosazených více než čtyřmi čočkami. Pro málo světelné objektivy bývá jeho zorné pole kolem 40° , u světelnějších zrcadel se však pole citelně zmenšuje. Příkladem pro zrcadla 1:6 bývá již jen 25° . Jelikož bezvadné zorné pole, vzaté astronomicky korektně, je to, jež vykazuje hvězdy jako skutečné tečky, ale nikoliv např. astigmatismem z nich nepříjemně znetvořené formy čáreček, je nutné klást ještě doplňující požadavky. A to jak na kvalitu objektivu, tak i na vhodnost okuláru. Při pozemských pozorováních však nebývá naše náročnost vůbec srovnatelná s nezbytností kvality v astronomické praxi, tradičně již nároky vypjaté. Zorné pole bývá kvalitou objektivu sice výrazně ovlivněno, přitom se však ukazuje, že návrh okuláru o velkém a bezvadně vykreslujícím zorném poli, a to za dvou současně kladených požadavků, jakými jsou velká světelnost objektivu a malé užité zvětšení, představuje značný teoretický a praktický rébus. Bohužel, jeho dodatečné, a i dostatečné, uspokojivé řešení, lze pak nalézt již jen výhradně prostřednictvím mnohačočkových okulárů. Odpovídající optické konfigurace okulárů tohoto typu byly sice navrženy, propočteny a sestaveny již dávno, nicméně pro náročná astronomická určení neznamenal dosud význačnější přínos. Ukázalo se, že astronomický okulár, vyhovující při jednom typu objektivu pro velká zvětšení, zpravidla uspokojivě nevyhovuje pro malá zvětšení, s jinými typy tomu odpovídajících objektivů. To lehce přijmeme jako logický důsledek stavu věcí, zvážíme-li realitu problému i v aspektu radikálnosti, s nimiž se vzájemně diametrálně liší vlastnosti produkovaných zobrazení v ohniskových rovinách objektivů nejrůznějších optických parametrů. Zlatá střední cesta tu evidentně neexistuje, neboť když existovat nemůže, tak ani není.

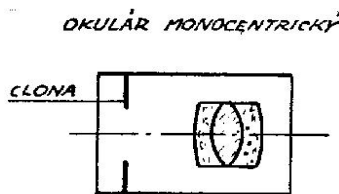


Obr.58

d. Monocentrický okulár.

Z obrázku 59 usuzujeme, že jde o optickou kompozici vytvořenou lepeným tripletem. Ten vzniká tím, že k dvojnásobně korunové čočce jsou z obou stran nalepeny dvě symetricky přiléhající dutovypuklé rozptylky.

Přihlédneme-li k achromázii získané tímto způsobem, lze onen triplet vlastně považovat za jednoduchou čočku s takřka ideálním indexem lomu, a to přibližně konstantním ve všech vlnových délkách. Světelné ztráty se tímto řešením vlastně vhodně zminimalizovaly, což má i zvláštní dopad na skutečnost, že vzniklou situaci doprovází též minimální zpětný odraz světla od optických ploch. A tak se provedení okuláru vyznačuje nejen obrazem prostým dodatečných reflexů, ale též i praktickou neznatelností mimoosových vad. S nepříliš světelnými objektivy bývá uspokojivé zorné pole kolem 25°.



Obr.59

e. Zeissův orthoskopický okulár.

Jde o nejlepší ze čtyřčočkových okulárů a ze schématu obrázku 58, umístěného výše, vidíme, že jde o kolektivní lepený triplet, kde na symetrické rozptylné čočce jsou oboustranně nalepeny dvě stejné bikonvexní flintové čočky. Oční čočka je ploskovypuklá a kolektivního tripletu se skoro dotýká. Sférická vada této optické konfigurace je tím odstraněna. Další výhodou představuje poměrně značná vzdálenost výstupní pupily od oční čočky, umožňující pohodlné pozorování za velkých zvětšení, i u krátkoohniskových objektivů, vynucujících si extrémně krátkoohniskové okuláry. Vyrábějí se až do ohniskové vzdálenosti tří milimetrů, jejich zorné pole bývá 40°. Takový okulár je navíc velmi vhodný i v kombinaci se značně světelnými objektivy s hodnotami A rovnými až 1:4. Tu se však dokonalost vykreslení celého pole sníží a z původních 40° se optická užitnost pole redukuje na 25°, přeci jen slušných. U orthoskopických okulárů firmy Zeiss se klamné reflexní obrazy nevyskytují vůbec.

IV.5. Další poznámky k problematice astronomických okulárů.

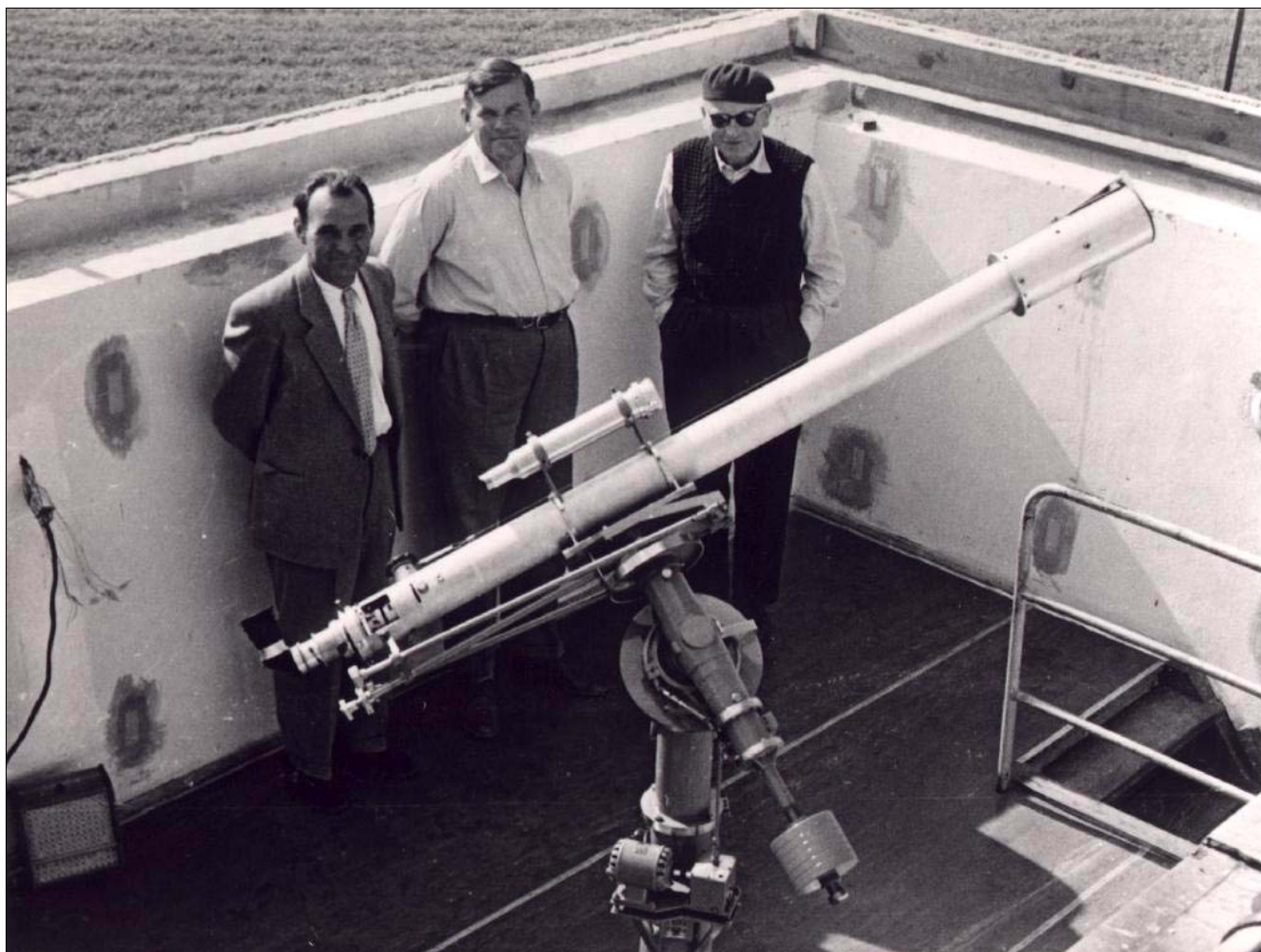
Mezi amatéry existuje dost nejasností, týkajících se otázek zvětšení dalekohledu. Zde prostě vzorce, umožňující vhodně lehký výpočet hodnoty zvětšení dalekohledu, prostě nedostačují hlavně pro svou, v jisté míře, zcestnou hypotetičnost. Zde musíme připustit dodatečný ohled skutečně *užitečného zvětšení*, jež se váže na *stanovení minimálního zvětšení pro individuální objektiv daného průměru, nutného pro úplné jeho využití*. Praxe i účelové pokusy udávají, že toto tzv. *užitečné zvětšení odpovídá osmi- až deseti- násobku průměru objektivu, udaného v centimetrech*. Užitečné zvětšení pak normálnímu lidskému oku umožňuje vidění všeho toho, co je objektiv dalekohledu, za daných atmosférických podmínek, schopen oku nabídnout. *Volíme-li užité zvětšení větší než je hodnota užitečného zvětšení, již dává jen tzv. zvětšení prázdné, či mrtvé. V obraze bodových hvězd nám odhalí navíc již jen pouhé projevy ohybových jevů, což jsou aspekty svou podstatou již objektům pozorování jen nevlastní a nereálné, neboť jejich podstata tkví už jen ve vlnové povaze světla*. Tak velká relativní zvětšení, tj. asi 20ti-násobku na 1 cm z průměru objektivu, využíváme buďto k pozorování tříd objektů, jako jsou dvojhvězdy, detaily planet atp., anebo chceme-li lehce vyvodit kvalitativní závěry o objektivu, z jím daného stavu ohybových kroužků hvězd, dosažitelných výše uvedenými velkými relativními zvětšeními. V prvním případě jen v pomocném záměru, tj. nabízí-li komfort pozorování, např. nenamáháním očí dlouhodobou práci pozorovatele, při ní typickým.

Za normální lidské oko považujeme jen to, jež netrpí ani výrazným očním astigmatismem, způsobeným fyziologickou nesymetrickostí optických ploch oční čočky, či *nevykazující známky tupozrakosti nebo jiného vážného postižení některou z těžkých očních nemocí*, jako jsou šedý zákal, glaukom, nevratné poškození rohovky, srůsty duhovky, mechanické či patologické vady sítnice oka atp. *Pouhou krátkozrakost či dalekozrakost, nebo sníženou akomodační (zaostřovací) schopnost oka, pokud nejsou současně spojeny se vznikem nesymetrie optických ploch oční čočky, za oční vadu považovat nelze. Jejich korekce je totiž v dalekohledu snadná, a to jen nevýznamnou změnou pozice okuláru*. Krátkozrakému člověku pak dalekohled zvětšuje méně, dalekozrakému naopak poněkud více. *Závadovost však musíme již deklarovat v případě tupozrakého oka. Nerozlišuje totiž již dostatečně, ani po korekci obrazu posunem okuláru*. Má-li vůbec něco na obraze postřehnout, musí mít všechny detaily dodatečně dostatečně úhlově zvětšené, a to na individuální úhlový rozměr, zcela typický pro ono konkrétní tupozraké oko. Ani zdaleka pak není schopno, samo o sobě, dosáhnout běžného rozlišení oka nezávadového.

Nehledíme-li na ztráty světla v dalekohledu, dosahující někdy i 25 až 50%, pak plošné předměty uvidíme shodně osvětlené jako za vnímání pouhým okem tehdy, kryje-li se velikost výstupní pupily přístroje přibližně s velikostí naší oční pupily. Velikost průměru oční pupily kolísá asi od 2 mm během denního osvětlení, až do 4,5 mm u starších a do 8 mm u mladších lidí ve tmě. Je individuální, za některých nevratných očních nemocí se totiž může znehybnit na svém nějakém individuálním průměru (např. neléčená *iridocyclitis*, lidově *zánět duhovky*).

Při menší výstupní pupile dalekohledu než je oční pupila, jeví se obraz, poskytovaný našemu oku dalekohledem, jako tmavší. Avšak v opačném případě, kdy výstupní pupila dalekohledu je větší než oční pupila, jeví se jas obrazu již jen konstantní a jasnost plošných předmětů v obrazu při něm již pozorovatelně nevzrůstá. To, že užívání příliš malého zvětšení, kdy, řečeno názorně, oční pupila vykrajuje svazek paprsků o stálém prostorovém úhlu z větší výstupní pupily dalekohledu, nemá valného smyslu, jsme již řekli výš. Využívá se, tj. je *užité*, ale za situací, potřebujeme-li, např. pomocí hledáčku, vidět či prohlížet značný kus oblohy či krajiny, jako např. slabších objektů pod úrovní dostupnosti malým objektivem hledáčku. U mlhovin využíváme též hojně *minimální užité* zvětšení. Hvězdokupy mají *užité zvětšení* vyšší, aby i slabé hvězdy, již na pokraji viditelnosti dalekohledem, počaly výrazněji vynikat na pozadí, malou výstupní pupilou ztmavlé oblohy zorného pole.

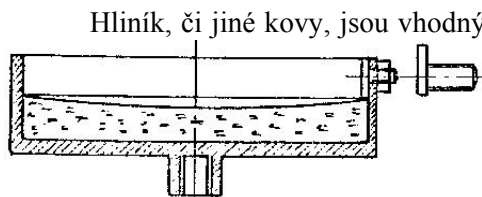
Jak přibližně změříme ohniskovou vzdálenost neznámého okuláru? Jde-li o ploskovypuklou čočku, lze ji, pomocí ostrého obrazu dostatečně vzdáleného jasného předmětu, přímo změřit jako jeho vzdálenost k okraji vyšetřované čočky. U složeného okuláru takový postup k cíli nevede. Postupujeme proto tak, že pomocí jiného okuláru, se známou ohniskovou vzdáleností, sestrojíme dalekohled kombinací obou okulárů, jehož objektivem je vyšetřovaný okulár, známý okulár je pak okulárem. Dalekohlídkem sledujeme jedním okem na vzdálenost dvou metrů obraz měřítka na pruhu bílého papíru, s dobře vyznačenými dvoucentimetrovými dílkami, a to při dobrém osvětlení. Druhým okem naopak vnímáme naše měřítko samotné. Z odhadu zvětšení obrazu měřítka proti běžnému vidění lze určit přesně, kolikrát je ohnisková vzdálenost neznámého okuláru v roli objektivu, vůči námi známému užitému okulárovému normálu, větší. Jsou-li např. čtyři dílky v dalekohledu rovny pěti dílkům viděným pouhým okem, pak i ohniskové vzdálenosti neznámého ke známému okuláru mají poměr 5:4. Má-li šetřený okulár ohnisko kratší než ten známý, role obou okulárů prostě zaměníme. To proto, abychom si nesnižovali přesnost. Jsou-li oba okuláry Huygensovy, nutně je polohujeme očními čočkami k sobě a takto vzniklý systém před měřením zafixujeme.



Snímek popsán rukou F. Kozelského: Koronograf-Olomouc 1955, Koronograf zhotovil JUDr. Otavský, objektiv vybrousil Ing. V. Gajdušek, montáž Kozelský. Obrázek: vlevo Kozelský, Dr. Luner (ředitel LH Olomouc), vpravo JUDr. K. Hermann-Otavský.

V. Základy konstrukcí jednotlivých částí montáží pro dalekohled.

V.1. Objímka pro hlavní zrcadlo.



Obr.60

Hliník, či jiné kovy, jsou vhodným materiálem na výrobu zrcadlové objímky. Užít lze rovněž i některé příhodné umělé hmoty. Ne každá se však ukazuje jako námi dobře využitelná. Dřevo však účelné není nikdy. Objímka na zrcadlo menších průměrů, tedy asi do třiceti centimetrů, je v řezu zobrazena na obrázku číslo 60. Dole je opatřena nálitkem se závitem, určeným pro regulační šroub. Dno objímky je vysoustružené, a to pokud možno rovně. Průměr objímky přesahuje zrcadlo asi o dvě až tři desetiny milimetru. Jde o maximální průměr, neboť opracování jeho okrajů nebývá někdy provedeno ideálně. Proti vypadnutí zrcadla užíváme tři šrouby s excentrickou hlavou (jsou na obrázku 60 též). Šrouby po vsunutí zrcadla montujeme tak, aby na zrcadlo takřka dolehly a tuto polohu poté zafixujeme matickami. Ale tak, aby nikdy, byť jen vlivem změny vnější teploty, nepočaly zrcadlo nějak stlačovat a tím jeho odraznou plochu bortit.

Při průměru zrcadla kolem desíti až dvanácti centimetrů, a je-li jeho tloušťka kolem jedné osminy průměru, můžeme bez obav zrcadlo pokládat na dno objímky přímo. U zrcadel o průměru kolem šestnácti centimetrů, a o shodné poměrné výšce disku, užíváme jeho uložení na tři výstupky, pořízené přilepením malých kousků lepenky a rozmístěné po dně objímky tak, aby ležely na poloměru 0,7krát menším než je u zrcadla, a aby svíraly ze středu, vůči sobě, úhel 120° . Zrcadlo o průměru 20 až 30 cm pokládáme na kruhovou vrstvu tlustšího sukna, s průměrem menším o jeden až dva centimetry, než činí světlost jeho objímky. Střední část podložky, ve tvaru kruhu o průměru čtyř až pěti centimetrů, vyřízneme rovněž.

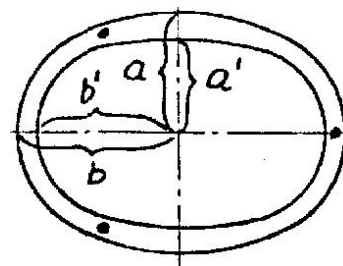
Zrcadla s průměrem nad třicet centimetrů, s poměrovou výškou disku asi jedné osminy průměru, podepíráme v devíti bodech důmyslným způsobem. O uložení zrcadel nad čtyřicet centimetrů, zde nepojednáme. U větších zrcadel, tj. nad třicet centimetrů průměru, se navíc musí zajistit přístup vzduchu i k jeho zadní stěně proto, aby se zrcadlo mohlo co nejrychleji přizpůsobovat teplotním změnám vzduchu, jej obklopujícího. Při pozorování v noci vzduch i disk zrcadla zpravidla vychládají, oba časově různě. Blok skla to činí výrazně pomaleji. Též i nestejnoměrně, tj. na okrajích rychleji, ve středu disku, naopak, velmi pomalu. Zrcadlo tím poněkud pozměňuje svůj okraj a bylo-li v počátku změn korigované správně, smršť se na okraji a počne tak být překorigované. Jde o tzv. *efekt okraje*. Ten je tím větší, čím je zrcadlo tlustší a oč má jeho materiál vyšší hodnotu tzv. *koefficientu dilatace*. U menších zrcadel však bývá efekt zanedbatelný, zvláště jsou-li vyrobená ze skla o malém koefficientu tepelné roztažnosti, např. Tempax, Pyrex atp. Dobré větrání zrcadla lze docilovat jeho uložení na devět bodů, je-li objímka navržena s ohledem na to (např. Říše hvězd 1961/10).

U malých zrcadel lze zcela ponechat náhodě způsob dosedání zrcadla k boční straně objímky. U větších zrcadel, od 20 cm výše, to již nevýznamné zdaleka není. Pokud by totiž například zrcadlo průměru 30 cm spočívalo v šikmé pozorovací pozici na bodu velmi blízko zrcadlové plochy, potom, prostřednictvím jeho vysoké hmotnosti, by se i jeho okraj zdeformoval, což by se projevilo proměnným výskytem osového astigmatismu. Průměr objímek pro tak velká zrcadla děláme vždy větší asi o 1 cm, do stěny objímky, po vyvrtání příslušných děr, vyřežeme závity dosti velkých šroubů tak, aby se dotýkaly zrcadla asi v jedné polovině výšky jeho bočního okraje. Zrcadlo těmito šrouby vycentrujeme přesně podle středu, šrouby však nikdy všechny nedotáhneme. Nejlepší je předem vybraný šroub si označit a uvolnit jej o 2/10 mm tak, aby se, tak vzniklou vůlí, rozdílná roztažnost skla i objímkového materiálu vykompenzovala sama sebou a jednou provždy. Není ale sporu o tom, že u popsaného uložení zrcadla o průměru 30 cm nebude optická osa přístroje zcela stálá a že takový typ uložení stačí jen pro některá amatérská pozorování, u nichž podobný nedostatek vcelku neškodí. Co by to ale mohlo znamenat např. pro přesnost pozičních měření, to raději již blíže nerozvádějme.

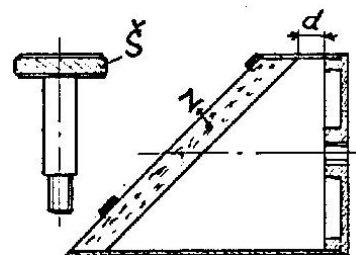
V.2. Objímka pro odrazné zrcátko Newtonova reflektoru.

Jediným správným tvarem tohoto zrcátka je rovinná plocha eliptického tvaru, tj. základna nízkého, pod úhlem 45° seříznutého válce, jejíž úlohou je záměrný a od optické osy primárního parabolického zrcadla stranově kolmý odklon kužele konvergujících světelných paprsků, majícího původ v optické síle primáru. Výrobu rovinné plochy tohoto optického členu jsme již výše zmínili. Tvar diagonálního zrcátka nezjednodušíme na obdélníkový, ten by, též již zmíněné a nežádoucí, ohybové jevy dále zesiloval nechtěnými aspekty, jako vyšším stíněním, i asymetrií. Odrazné diagonální zrcátko se, po svém správném uchycení do tubusu, má ve směru optické osy totiž na primár promítat, jako kruh, zcela soustředný s jeho obvodem.

Diagonální rovinné zrcátko eliptického obrysu se vmontovává do trubky světlosti poněkud větší než činí jeho malá osa. Musí se dát do ní zcela volně vložit, tj. bez násilí. Tuto trubku o stěně asi 1 až 2 mm, seřízneme přesně pod úhlem 45° , na šikmo seříznutou okrajovou stěnu trubky přiletujeme zevnitř tři plíšky, ne však více, jako zábranu proti uvolnění zrcátka tak, aby v dostředném směru přesahovaly trubku asi 2 mm. Přílišná vůle zrcátka v naší trubce by mu umožnila volně vypadnutí, i když náhodně a nechtěné. U větších zrcátek zpravidla tuto situaci vylučujeme elipsou, vyříznutou z tenkého plechu shodně s vnějším obvodem trubky, i s její vnitřní částí, podle obr.č.61. Tuto mezielipsu konečně nalletujeme na plochý a kosý řez trubky. Vnitřní elipsa má obě své poloosy patřičně kratší o nekonstantní rozdíl, neboť má platit: $b - b' = (a - a') \cdot \sqrt{2}$, což je evidentní. Naše zrcátko se musí opírat o tři body, tedy těsně u obvodu vnitřní elipsy je uděláme v označených místech jako tři výstupečky. Objímku znázorňuje v řezu celkově na obr.č.62. Víčko i objímka nesou protizávity. Ve středu víčka je závit na hlavní regulační šroub Š. Vzdálenost d by měla být co nejkratší. Nakonec zrcátko zajistíme uvnitř trubky natolik tuze, aby se v ní volně nepohybovalo.

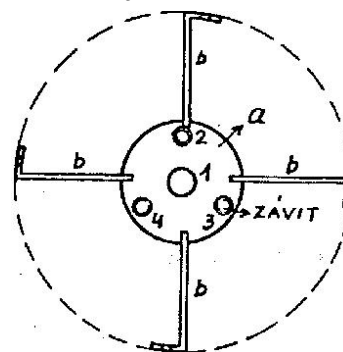


Obr.61



Obr.62

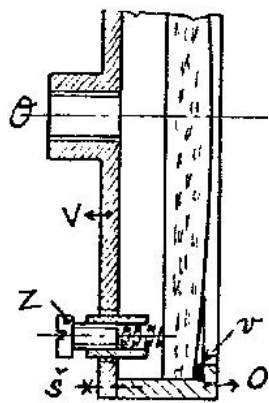
Objímky hlavního zrcadla i diagonálního zrcátka musí být regulovatelné, tedy musí být umožněno jejich citlivé naklánění všemi směry. Regulace se v obou případech docílí pomocí čtyř regulačních šroubů, jeden z nichž, zpravidla větší, táhne a zbývající, většinou ty tři menší regulační šrouby, tlačí. Nosná deska pro hlavní zrcadlo pak uzavírá tubus, uprostřed má zpravidla otvor, jímž volně prochází táhnoucí regulační šroub, i svým závitem. Dřík regulačního šroubu je rozšířen a končí v vroubkované hlavici. Přečhod mezi šroubem a dříkem bývá kulový či kónický. Silné pružné péro, či spirála, o poněkud větším vnitřním průměru než je průměr závitu, opírající se o rozšířenou část šroubu, velmi usnadňuje regulaci. Nosič odrazného zrcátka a vidíme na obr.63. Číslem 1 je v něm vyznačen otvor regulačního šroubu o průměru 5 až 8 mm, opatřený závitem. Ozávitované otvory 2, 3 a 4 jsou určeny tlačným šroubům o průměrech, v závislosti na velikosti zrcátka, zhruba 3 až 5 mm. V tubusu nám nosná destička mechanického uzlu a přitom drží pomocí proužků z tenkého plechu b , které jsou do ní zapuštěné a přiletované mosazí. Jejich průřez bývá 1×10 až 2×15 mm, opět v závislosti na její velikosti. Čím jsou tyto vzpěry tenčí, tím méně znatelné budou ohybové projevy jimi způsobované a projevující se především na nejjasnějších hvězdách čtyřpaprskovou ohybovou hvězdici, vycházející z jejich téměř bodového obrazu.



Obr.63

Tyto vzpěry mají být čtyři, nikoliv tři, neboť v tomto posledním, i laikovi v zdánlivě zvláště elegantním případě, každá ze vzpěr vyvolává dvojici ohybových paprsků, symetrickou právě podle středu svítícího bodu. Takto vcelku vzniklá šestice, a nikoliv pouhá trojice, byť pravidelně rozmístěných, paprsků, je potom o to více, během pozorování, neblaze rušivá. Každá jiná, byť sebedoporučovanější úprava vzpěr diagonálního zrcátka může způsobovat nesymetrii ohybových jevů. Před tou se raději vyvarujeme, neboť obzvláště při velkých zvětšeních, dokáže vždy znehodnocovat zobrazení dalekohledem, samozřejmě znatelnějšími efekty, než právě doporučená symetrická čtveřice ohybových paprsků.

V.3. Objímka sekundárního zrcadla Cassegrainova systému.



Obr.64

Hlavní zásadou její konstrukce je to, že zrcadlová plocha vždy spočívá na třech bodech, ležících prakticky téměř na jeho obvodu. Ze zadní strany může být konvexní zrcadlo přitlačováno jen velmi jemně, a to jen nad svými opěrnými body. Dále musí být toto zrcadlo nezbytně nejen regulovatelné, ale rovněž i v malé míře posouvateľné, je-li již zregulované, vždy přesně jako celek, a to do obou směrů podél společné optické osy tohoto dvouzrcadlového systému. Poslední podmínku ale konstrukce podle obrázku 64, ve spojení s obr.č.63, neřeší a nutno je řešit ji individuálně pro celkový blok objímky i jejího nosiče komplexně zjustovaný. V obr.č.64 znamenají :

o - objímku se třemi výstupky *v*,
V - víčko opatřené třemi šroubky *š*,
Z - šroubky M4. Uvnitř jejich závitů jsou jemné spirálky, přitlačované šroubky k zadní straně konvexního zrcadla a to nikoliv silou, ale jen vymezovací polohou potřebného zrcadlového znehybnění,
O - závit pro tažný regulační šroub, jenž nesmí na konvexní zrcadlo sebeméně tlačit.

Nosič Cassegrainova sekundárního zrcadla se shoduje s nosičem pro Newtonovo diagonální zrcátko na obr.č.63. V jeho nosné destičce je otvor mírně širší než je průměr závitů regulačního šroubu. Závitů pro tři regulační šroubky jsou, z důvodu maximální citlivosti naší regulace, samému obvodu nosné destičky co nejbližší.

V.4. Tubus zrcadlového dalekohledu.

Materiálem na tubus může být kov, dřevo, pertinax, vytvrzovaný papír, i jiné vhodné hmoty, které nutně musí ale být v čase objemově invariabilní, a navíc zůstávat i trvale mechanicky tuhé. Některé plastické hmoty právě tyto dodatečné a dostatečné mechanické vlastnosti postrádají. My se však právě toho důsledně vyvarujeme! Zkušenost říká, že tepelně vodivý materiál, jakým bývají hlavně železné či hliníkové plechy, je na tubus nejméně vhodný. Užijeme-li je, polepujeme alespoň vnitřní část tubusu vždy nevodivými materiály. Jako nejvhodnější je tapeta z pravého korku o tloušťce 2 mm, po budoucí vnitřní ploše tubusu matově černě natřená.

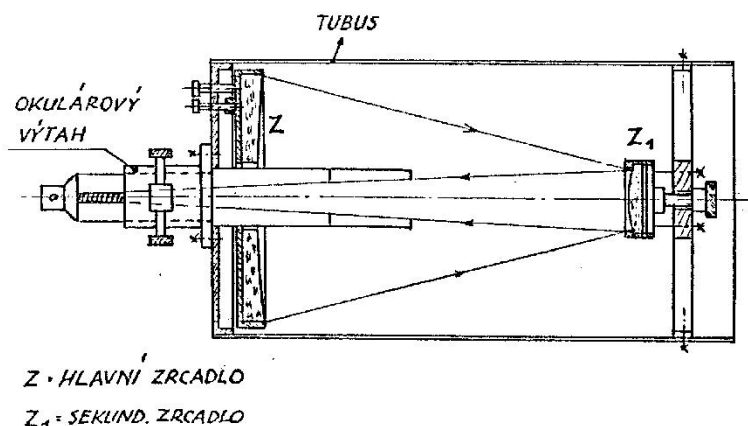
Lépe se chová dřevěný tubus z překližek, vyztužený hranolovými tyčemi ve vnitřních rozích svého příčného řezu. Dole u hlavního zrcadla neopomeňme v tubusu vyříznout, proti sobě, dvojici dvířek natolik prostorných, aby jimi bezpečně procházela krycí nasazovatelná poklice zrcadla tak, aby je bezpečně ochránila před zaprášením po dobu nepoužívání dalekohledu. Manipulace s ní nutně musí být bezpečná. Dvířka ponecháváme otevřená po potřebnou dobu před pozorováním, i za něj. Tím zajišťujeme dostatečnou cirkulaci vzduchu mezi tubusem a okolím, zmenšující chvění dalekohledem vytvářeného obrazu. Přestože toto chvění vzniká především ve vnějším prostoru, může je nevhodně konstruovaný tubus ještě dodatečně citelně zhoršovat. Vyplácí se podobná dvířka vyrobit i poblíž diagonálního zrcátka, neboť nám i usnadňují operaci navlékání ochranného víčka na ně. Odrazné zrcátko trpívá více vlhkostí než hlavní zrcadlo a užívání krycí čepičky prodlouží trvanlivost odrazivosti na něm napařeného hliníkového povlaku. Existuje-li komplex ventilačních dvířek, bez užívání celkové vzduchotěsné pokrývky přístroje, chránící dalekohled proti spadu prachu, se naprosto neobejdeme.

Nejllepšími tubusy jsou příčkové tubusy (anglicky “skeleton tubes”), vyráběné svařováním železných trubek či příček. Tomu, jemuž se taková konstrukce jeví jako neúměrně finančně nákladná či pracná, se nabízí řešení využitím odlehčeného dřevěného tubusu, vzniklého postupným vyřezáním, odstraňujícím přesně jen tolik dřevěných podčástí z jeho původně kompaktní formy, že se bez nich celková tuhost tubusu o poznání nezhorší. I tím usnadňujeme nerušenou cirkulaci okolního vzduchu v tubusu, shodnou s hlavním záměrem skeletových konstrukcí. Za vyřezávání hlídáme statické nenarušení tubusu především v oblastech okolí hlavního zrcadla a odrazného zrcátka. Ty mají pro stabilitu právě značný význam.

Uvedme však, že příčkové tubusy nepatří do prostor, v nichž se shromažďuje větší množství lidí, jako např. do kopulí lidových hvězdáren. Tam teplý vzduch, stoupající z nechráněných částí lidských těl volně v proudech přímo vzhůru, dříve než opustí prostor pozorovatelný šterbinou kopule, narušuje dráhy světelným paprskům na teplejším vzduchem způsobovaných nehomogenitách vzdušných prostor, za jejich pouti. Ty už zdaleka neputují k optickým plochám ideálně a naruší vytváření kvalitního obrazu dalekohledem přímo. Hlavně šterbina kopule bývá sídlem nejvážnějších nehomogenit vzduchu. Pozorovatelně, účelově určené návštěvníkům dalekohledu, je vhodnější vyrobit odsuvnou střechu. V ní ale bývá nárazový vítr, za nečasu, zlým fenoménem.

V.5. Objímka pro hlavní zrcadlo Cassegrainova systému.

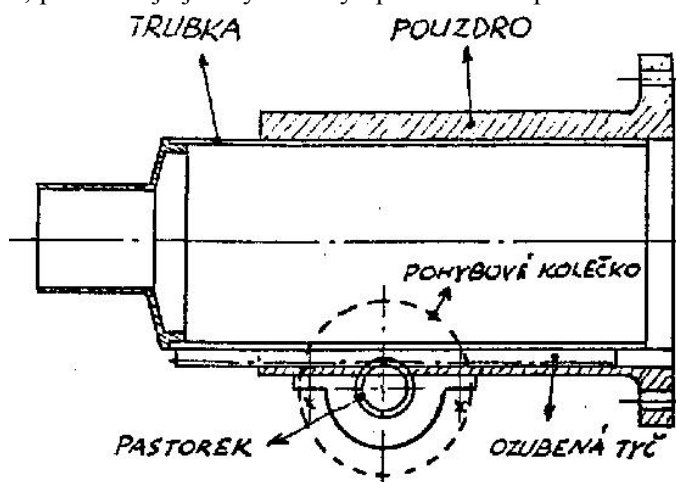
Ta se od objímky pro hlavní zrcadlo Newtonova reflektoru liší hlavně tím, že její dno má otvor shodného průměru s otvorem vyvrtaným v hlavním zrcadle. I nosná deska objímky má o něco menší otvor se závitem pro trubku s clonou, určenou k eliminaci bočního světla, přicházejícího do oblasti okuláru. Regulování polohy zrcadla se provádí třemi dvojicemi regulačních šroubků v nosné desce, též co nejbližže obvodu. Přitom jeden šroubek přitlačuje objímku zrcadla a druhý ji naopak táhne. Jejich rozpoznání usnadňujeme rozdílnou volbou jim příslušejících hlaviček, přitom dvojice těchto funkčně vzájemně se doplňujících šroubků, bývají umístěny vždy blízko sobě. Uspořádání všech součástek v tubusu je schematicky rozkresleno na obrázku číslo 65.



Obr.65

V.6. Okulárový výtah.

Okulárová trubka, s ozubenou tyčí a pastorkem, představuje jediný vhodný způsob řešení problému zaostřování obrazu dalekohledu, jak jej vidíme na obrázku č.66. Zhotovení tohoto typu okulárového výtahu není bez problémů a vyrobit jej bezvadně zvládne jen dobrý mechanik. Žádný jiný způsob ostření obrazu nevyhoví plně. Dvě trubky, z nichž vnitřní je posunovatelná, nemohou dosti dobře vyhovovat, neboť síly, k tomuto posunu potřebné, nejsou mechanicky redukovány a jimi vznikající silové momenty bývají většinou tak značné, že dokáží zatřást i zcela stabilně zakotveným dalekohledem. Ani dvě trubky, spojované mezi sebou závitem, nejsou ideální, neboť jeho stoupání je značně povlovné a i kontrola, zda je okulár situován před či za ohniskem, není zrovna nejtriviálněji proveditelná. Nevidím proto jinou cestu, než si tuto část tubusu, mechanicky i nejchoulostivější, dát vyrobit odborníkem. Jej však vyhledat bývá nelehké.



Obr.66

Okulárový výtah pro Newtonovy reflektory se dělá délkově krátký, tedy ve velikosti 10 až 12 cm. Jemu se přizpůsobuje i umístění odrazného zrcátka. Revolverové okulárové měniče či karusely se za této situace nedoporučují, neboť jsou spíše vhodné pro refraktory, či cassegrainské reflektory. Tam se hodí výtahy naopak delší, tedy okolo dvaceti centimetrů, neboť si to vynucuje u nich hojně využívaný zenitový hranol. Jím se dosti zkracuje okulárová trubice, jež se pak zpravidla musí zasouvat o to více, tj. přímo do okulárového výtahu.

V.7. Centrování zrcadel Newtonova reflektoru.

Napřed justujeme odrazné zrcátko. Namísto okuláru dáváme vložku s vnitřním otvorem o průměru 1,5 mm. Dalekohled zamíříme za dne k obloze, stačí i přes uzavřené okno místnosti. Pak si vyrobíme kruh z kreslicího papíru, shodné velikosti s diskem hlavního zrcadla. Blízko jeho obvodu narýsujeme nemnoho dobře znatelných koncentrických pruhů. Vytáhneme je tuší. Jím zakryjeme hlavní zrcadlo. Díváme-li se otvorem umístěným v okulárovém výtahu, uvidíme matný konec okulárové trubice, obvod eliptického zrcátka a nakonec i hlavní zrcadlo. Napřed se ujistíme, zda eliptické zrcátko, jež by se mělo promítat jako přesně kruhový útvar, je i skutečně dokonale soustředné s koncem okulárové trubice. Není-li, posouváme diagonálním zrcátkem vhodným směrem tak, aby k vystředění došlo.

Dále si všimneme obrazu kotouče papíru se zřetelnými kruhy tuší, zrcadlícího se v diagonálním zrcátku. Nejsou-li tyto kruhy, koncentrické s obvodem objímky hlavního zrcadla, přesně soustředné i s obvodem objímky eliptického zrcátka, a to je skutečně nezbytné dodržet, musíme o toto dosažení naprosté vzájemné soustřednosti usilovat, a to příslušejícími manipulacemi regulačních šroubků uzlu diagonálního zrcátka. Závěrem všechny čtyři regulační šroubky, za stálé kontroly udržení právě vyjustovaného stavu soustřednosti kruhů, musíme dotáhnout a zafixovat. Přitom ověřujeme, zda i v tomto případě skutečně platí plná viditelnost hlavního zrcadla v zrcátku diagonálním, i s jeho objímkou, ba i s rezervou navíc. Tím máme diagonální zrcátko zcentrováno jednou navždy. Má-li být justáž co nejpřesnější, vložíme do konce okulárové trubice clonu tak velkou, že, viděna z odkloněného ohniska hlavního zrcadla, bude mírně větší, než je obrys diagonálního zrcátka.



Obr.67

Nakonec nás čeká justáž hlavního zrcadla. Odkrýváme přitom zrcadlo doposud zakryté papírovým kotoučem a díváme se otvorem a clonou z ohniska. Zhlédneme nosič diagonálního zrcátka ve tvaru kříže, s nosnou destičkou zrcátka v jeho centru, zrcadlící se v hlavním zrcadle. Nejpravděpodobněji nebude tento obraz souměrný podle středu diagonálního zrcátka, naopak, bude posunut asi stranou. Regulačními šroubky hlavního zrcadla usilujeme o přesné dosažení oné souměrnosti. To nám zajistí, že hlavní zrcadlo bude přibližně vycentrováno. Přesné dojustování provádíme pomocí jasnější stalice, zpravidla Polárky, a to silným okulem, dávajícím velké relativní zvětšení asi tak 20x na 1 cm průměru objektivu. Při přesném vycentrování se nám Polárka jeví za úplně klidného vzduchu jako kruhová tečka, obklopená jedním či několika nevýraznými ohybovými kruhy, v závislosti na velikosti otvorové vady hlavního zrcadla. Nepřesné vycentrování se podle stupně jeho nepřesnosti projeví, buď jako zesílení ohybových kruhů jen na jedné straně (viz obrázek 67), či z nich vidíme jen jednostranné části těch kruhů ve tvaru obloučků. Při veliké nepřesnosti justování vyvolá celý jev dojem jen jednostranného vyzařování této hvězdy, hlavně pokud je vzduch nestálý. Hvězda má přitom vzhled malé kometky. To bývá projevem značnějšího rozcentrování dalekohledu.

Při dobře vycentrovaném zrcadle prostém asymetrických vad, například je-li vyrobeno bez osového astigmatismu, se hvězda při dobře zcentrovaném zrcadle rozšiřuje během nepatrného povytahování i zasunování okuláru zcela pravidelně, a to do formy prstence, s případnou svítící tečkou ve středu. Při postupujícím posunu následně ohybové kroužky, za svého současného slábnutí, po jednom symetricky přibývají. Pokud je hlavní zrcadlo nevycentrováno, souměrnost těchto jevů mizí a hvězda se „rozšiřuje“ jen k jedné straně. V takovémto případě jemně otáčíme regulačním šroubem, nacházejícím se na podložce hlavního zrcadla přibližně ve směru světelného protažení a snažíme se, tuto stranu hlavního zrcadla o něco oddálit od ohniska. Hvězda se nám přitom počne v zorném poli vzdalovat od jeho středu. Do středu zorného pole ji proto opět přivedeme a dále pozorujeme okulárem. Postup končí až tehdy, když docílíme dokonalou souměrnost viditelných ohybových jevů. Centrování je lepší provádět ve dvojici. Pomocník pak staví regulační šrouby hlavního zrcadla podle pokynů pozorovatele stavu ohybových jevů pomocné hvězdy, viděných jím v okuláru.

Za neklidného vzduchu, a to bývá typické při větším nárůstu průměru hlavního zrcadla, nebývá vůbec možné hlavní zrcadlo vycentrovat zmíněným způsobem. S kvalitou obrazu se spokojíme až tehdy, je-li ustavičně se měnící obraz zlomků nejjasnějších ohybových kroužků okolo malé středové skvrnky dynamicky souměrný. Přesné docentrování přesouváme na nejbližší časové údobí, v němž budou středový kotouček hvězdy, spolu s alespoň prvním ohybovým kroužkem, zřetelně viditelné. Pro větší zrcadla, asi 30ti-centimetrová, nastává tak vhodné údobí klidu vzduchu jen velmi zřídka a u zrcadel s ještě většími průměry, se jej nedočkáme snad vůbec!

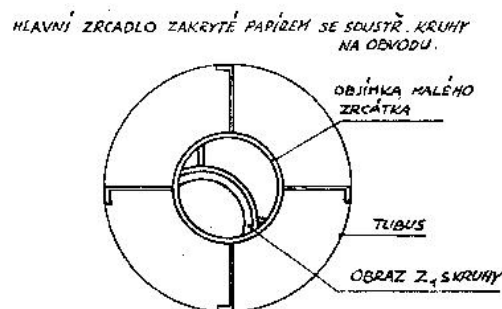
V.8. Centrování zrcadel Cassegrainova reflektoru.

Postup při seřizování je v podstatě stejný a podobá se tak centrování Newtonova reflektoru. Na počátku se ujistíme o tom, zda se nachází sekundární zrcátko Cassegrainova optického systému ve své správné vzdálenosti od primárního zrcadla. Pokud by byly známy s dostatečnou přesností poloměry křivosti obou zrcadel, stačilo by pak je obě umístit do vypočtených vzdáleností. Poloměr křivosti hlavního zrcadla je stanovitelný přesně Foucaultovou stínovou zkouškou, změření poloměru křivosti sekundáru by se dalo uskutečnit také, zabralo by to jistě neúměrně času a dosti práce. Spokojme se proto toliko s údajem sférometru, jehož přesnost je okolo jednoho procenta. Proto po hrubším polohování zrcadel, z toho plynoucího, se budeme snažit korigovat polohu sekundárního zrcadla tak,

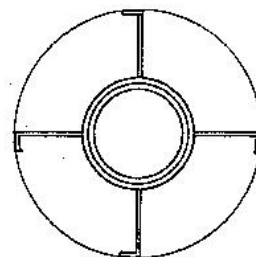
aby poloha, výsledného ohniska Cassegrainova objektivového systému, ležela na žádaném místě za hlavním zrcadlem. V konečném efektu to značí oddálení či přiblížení sekundárního zrcadla vzhledem k primárnímu zrcadlu. Ale již malé přiblížení obou zrcadel značně protáhne výslednou ohniskovou vzdálenost. V opačném případě tomu bude obráceně, efektivní ohnisková vzdálenost se bude skokem zkracovat.

Postupujme nejlépe takto: Dalekohled nemusí být do této chvíle dosud přesně vycentrován. Zamiřme jej na alespoň jeden kilometr vzdálený objekt a snažme se spatřit jeho obraz a zaostřit jej prostřednictvím slabé lupy. Denní světlo, vnikající při tom do dalekohledu z vnějšku, toto pozorování obvykle znesnadní, a někdy i zcela znemožní. Je-li tomu tak, ukazuje se jako lepší užít k tomu Měsíce za noci, případně snažit se zachytit obraz Slunce na papírovém stínítku. Tak nalezneme pozici lupy a pak již zcela stačí eliminovat od ní její ohniskovou vzdálenost a tím i odvodit fakt, zda obraz leží před, či za žádanou polohou výsledného ohniska optického systému. V souvislosti s tím pomocí hodnoty stanovené pomocí vzorce I.22.2, odvozeného v posledním třetím příkladě partie, zde na straně 46, zmiňující stanovování parametrů Cassegrainova objektivového systému, zkorigujeme konečnou vzdálenost sekundáru v příslušném směru. Pokud se nalézáme před požadovanou polohou výsledného ohniska ve smyslu chodu světelných paprsků tímto systémem, pak musíme sekundární zrcadlo k primárnímu přibližovat. Korekce opačného případu vyžaduje jejich vzájemné vzdalování. Poté ověřujeme, zda nám osa okulárového výtahu míří přesně do středu sekundárního zrcadla. Na místo okuláru vložíme nám známou vložku s otvorem 1,5 mm, k oku pak clonu tak velikou, aby pojala objímku sekundárního zrcadla s jen nepatrnou rezervou. Přípravkem lehce rozlišíme eventuální chyby v usazení okulárového výtahu a nalezneme-li je, umožní je to též patřičně i odstraňovat. Okulárový výtah zásadně nikdy neuchycujeme k nosné desce hlavního zrcadla centrálním závitem. Naopak, učiníme to pomocí tří stavěcích šroubů. Předpokládali jsme přitom, že sekundární zrcadlo se nachází alespoň přibližně ve své správné poloze. Již takovými zkušenostmi si ozřejmujeme, čím bývá konstrukce tubusu Cassegrainova dalekohledu, s ohledem na svou mechaniku, náročnější, ve srovnání s konstrukcí tubusu Newtonova reflektoru.

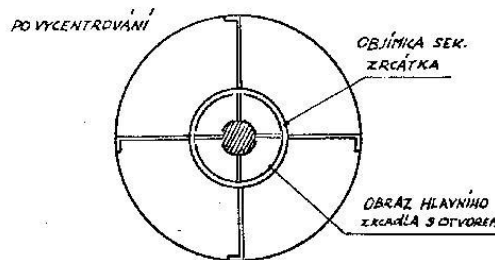
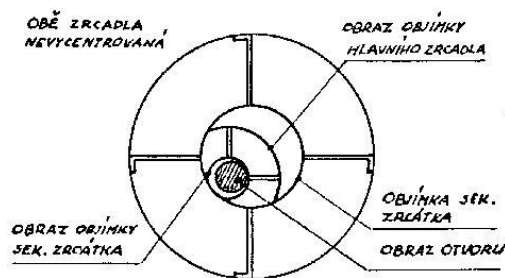
Jako druhý krok nás očekává vycentrování sekundárního zrcadla. Na hlavní zrcadlo umístíme papírovou masku, nám již od centrování Newtonova dalekohledu známou, opatřenou několika koncentrickými kružnicemi v tuži, a dalekohled namíříme ve směru jasné oblohy. Otvorem v pomocné cloně, dané do v efektivního ohniska, spatříme sekundární konvexní zrcadlo, i s jeho objímkou a vzpěrami, a na něm zrcadlí se papírová maska s kruhy, zakrývající primární zrcadlo. Obecně musíme očekávat, že naše maska s kruhy nebude soustředná s obvodem, ba ani s objímkou konvexního zrcadla. Vidíme to na obrázku č.68. Regulačními šroubky konvexního zrcadla proto usilujeme o dosažení dokonalé soustřednosti všech kružnic, idealizujících obě naše komponenty. Nakonec provádíme vycentrování hlavního zrcadla. Odstraníme proto naši masku z primárního zrcadla a v sekundárním zrcadle spatříme primární zrcadlo jako světlý kruh a na něm opět sekundární zrcadlo, i s nosníky, tentokrát příslušně zmenšené. Jak vidíme na obrázku 69, který tuto situaci znázorňuje, obrazy v sekundárním zrcadle jsou vzájemně nesouměrné podle optické osy, jež musí procházet středem sekundárního zrcadla. Postupným nastavováním regulačních šroubů hlavního zrcadla se proto snažíme docílit toho, aby i oba obrazy, a to sekundárního zrcadla na hlavním zrcadle a stejně tak hlavního zrcadla v sekundárním zrcadle, byly naprosto symetrické podle středu sekundární-



OBRAZ PO VYCENTROVÁNÍ SEK. ZRCÁTKA



Obr.68



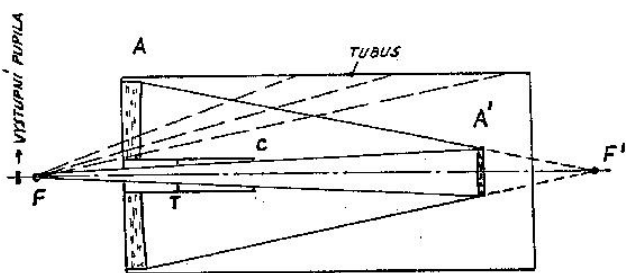
Obr.69

ho zrcadla, tj. podle optické osy. Tedy, abychom docílili stavu, znázorněného v dolní části obrázku 69.

Přesnější vycentrování našeho hlavního zrcadla se provádí stejně jako u Newtonova reflektoru. Jen s tím nepatrným rozdílem, že někdy je korekce zbytku komy nutné doladovat právě sekundárním zrcadlem.

V.9. Clony k odstranění parazitního denního světla do okuláru.

Do výsledného ohniska Cassegrainova optického systému nepřicházejí pouze paprsky odražené jeho



Obr.70

U Newtonova reflektoru bránívá vstupu parazitních paprsků do okuláru samo boční umístění okulárového výtahu, ovšem tehdy, nepoužíváme-li příčkový tubus, propouštějící z příslušného směru, zhruba kolmého k optické ose konkávního zrcadla, parazitní paprsky.

Odstranění parazitního světla umožňuje clonící trubice, usazená do nosné desky primárního zrcadla a procházející otvorem zrcadla, jež přitom vevnitř nese kruhovou clonu pouze takového průměru, že po zjustování Cassegrainova optického systému umožní vidět z ohniskové polohy v sekundárním zrcadle jen obraz hlavního zrcadla. Ten má vzhled světlého mezikruží. To zabráňuje parazitním denním světelným paprskům v přístupu do ohniskové roviny. I případ poněkud většího sekundárního zrcadla, oproti nezbytné potřebě, je únosnější, neboť světelné paprsky tečující objímku sekundárního zrcadla, protínají ohniskovou rovinu dosti daleko od ohniskového bodu. I v tomto stavu je nejbližší část obrazu okolí ohniskového bodu nezamlžena parazitními paprsky. Pak dobře postačí vložení clonící trubice, vybavené na svém konci směřujícím k sekundárnímu zrcadlu, clonou. Musíme ale výslovně varovat před pro tento druh dalekohledu tak typickým nepříznivým vlivem světelných paprsků, dopadajících v něm pod malými úhly. Jeho důsledkem je dodatečný rozptyl světla na vnitřním povrchu clonící trubice a okuláru, ať už jsme je opatřili černými matovými nátěry, za jiných okolností parazitní světelné paprsky účinně decimujícími, nebo ne. Při prohlídce výstupní pupily (tedy světlého kruhu v pozici těsně za okulárem, představujícího obraz hlavního zrcadla, vytvořený okulárem) slabou lupou, zaevidujeme tyto nepříznivé šikmé dopady nejsnáze. Bezpečně se projeví jako přídatné světelné efekty vzhledu výstupní pupily, dodané případnými odrazy od vnitřku okulárové a clonící trubice. Objevují-li se tyto světelné efekty ve vzhledu výstupní pupily skutečně, není jiné řešení, než umísťovat jak do okulárové, tak i do clonící trubice další vnitřní clonky. Ty však nesmí tečovat světelné paprsky A'F z obr.č.52, nýbrž musí být o něco širší, aby tak zabránily v ohniskovém bodě přímé viditelnosti stěn okulárové a clonící trubice - lokalit parazitního rušení nevhodnými světelnými paprsky. Do blízkosti okuláru clona však nepatří, neboť především u malých zvětšení tam výrazně omezuje zorná pole dalekohledu.

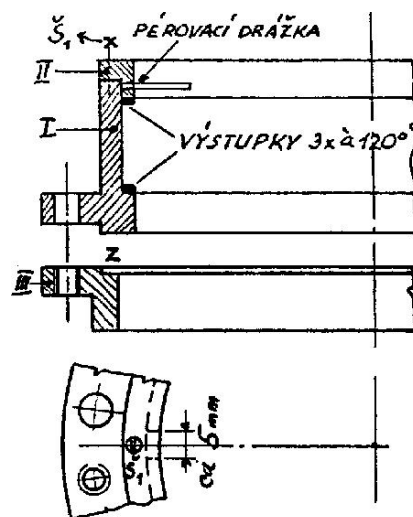
Vyrobíme-li clonu C jen přesně podle rozkreslení obrázku tak, aby propouštěla jen paprsky jdoucí z obrazu hlavního zrcadla na konvexním zrcadle sekundárním, povede to nutně k nepříjemnému efektu výrazné vignetace obrazu. Ta se projevuje tím, že obraz se neúměrně, s narůstající kolmou vzdáleností od optické osy, v porovnání k stavu v ohniskovém bodě, ztmaví. Toto nestejnoměrné osvětlení obrazu optického systému, přestože sotva zjistitelné pouhým okem, bývá zcela nepřijatelné u některých druhů pozorování nebo měření.

Clonu lze dimenzovat i tak, aby zabráňovala v přístupu parazitního světla jen z jasného mezikruží, reprezentujícího prostor mezi vnějším okrajem objímky sekundárního zrcadla a vnitřním obvodem tubusu. Potom sice získáme větší pole bez vignetace, nicméně část parazitních paprsků přesto není účinně odstíněna a alespoň částečně do okuláru vniká. To vede obvykle k lehkému zamlžení částí obrazu od ohniskového bodu úhlově vzdálenějších, tomu obecně zabránit nemůžeme. Boční zamlžení obrazu lze tedy odstraňovat jen individuálně.

Veškeré rozptýlené světlo lze odstranit jen opatřeními značně pracnými. Za okulár dáme clonu průměru přesně shodného s výstupní pupilou dalekohledu tak, aby se nalézala přesně v jí odpovídající pozici. To zjišťujeme pomocí lupy. Navíc, obvod výstupní pupily musí pozičně s obvodem clony přesně souhlasit a clonu samu vestavujeme do víčka okuláru. Jako nezbytná bývá pak oprava pozice okulárového výtahu tak, aby nastala koincidence jeho podélné osy s osou optickou. To umožní již dříve zmíněné regulační šrouby okulárového výtahu, neboť jejich nepatrné protočení svede dojustovávat výtah naprosto přesně. Malá zvětšení o velké výstupní pupile, až tři milimetrů, nepředstavují nesnáze. Velká zvětšení o pupile i jen půlmilimetrové již značné problémy realizace přinášejí. Zmírní je jen clonky vhodného vnitřního průměru v clonící nebo okulárové trubici.

V.10. Objímka pro astronomický čočkový objektiv až do průměru 150 milimetrů.

Správně funkční objímka pro astronomický čočkový dalekohled je výrobně poměrně dosti obtížná mechanická součást, kterou vyrobit svede jen kvalitní soustružník. V rozkreslení objímky, které uvádíme na obrázku 71, rozlišme tři části. Čočky ukládáme v části I. Její vnitřní průměr je asi o pět setin milimetru větší než činí průměr čoček. Tato vůle je vynucena rozdílnou tepelnou roztažností skla a kovu použitého na objímku. Vnitřek objímky musíme opracovat jemně, když čočky mají být po stranách jemně obroušeny alespoň zrněním brusných prášků číslo 400. Flintová čočka spočívá na třech výstupcích, asi dvě desetiny milimetru vysokých, o délce asi pěti milimetrů. Přesně nad těmito výstupky se mezi oběma čočkami mají nacházet distanční papírky, oddělující obě čočky. Korunovou čočku mírně přitlačí prsteneц II s třemi podobnými výstupky, opět přesně nad těmi v části I, nikoliv však prostřednictvím závitu. A zase přesně nad výstupky jsou v prstenci II pérovací drážky v délce asi dvou, čtyř centimetrů, asi 1,5 mm nad dolním okrajem prstence II. Tloušťka prstence, případně výška objímky, se vždy dodatečně upravuje tak, aby zašroubováním šroubků $\bar{S}_1$ došlo k přiměřenému přitlaku výstupků na spojnou čočku. Je-li jejich přitlak správný, nesmí již dojít k přílišné deformaci interferenčních kruhů mezi druhou a třetí optickou plochou objektivu.



Obr.71

Jistou symetrickou deformaci však připouštět lze. Pokud jsou u některých typů objektivů interferenční kruhy u okraje neznatelné, například při značnějších rozdílech poloměrů křivosti r_2 a r_3 , pak jakousi informaci o přitlaku obou čoček lze vyvodit z chování pohybu interferenčních kruhů v oblasti středu objektivu. Přitažením jednoho ze šroubků se poněkud změní poloha interferenčních kruhů, jež se po jeho malém uvolnění navrací k původní poloze. Tento jev se má opakovat během přitahování každého ze tří šroubků $\bar{S}_1$. Během přitažení některého ze šroubků můžeme rovněž poznat nedoléhavost některého z výstupků, tedy i nepřesnosti ve výrobě buď objímky, či kroužku. Příliš velký přitlak prstence rozeznáme již při autokolimační zkoušce objektivu. Dochází-li totiž k němu, pak se obraz umělé hvězdy roztahuje již při malém rozostření nepravidelně a zmírněním síly přitlaku ihned zpozorujeme rychlé mizení nepravidelnosti rozostřeného obrazu. Naštěstí jsou deformace optických ploch obou čoček při takovém tlaku orientovány v opačném smyslu a ani značné tlaky proto nemusí být zrovna markantní. Větší tlak v objímce než ten, jež vhodně zabraňuje pohybu čoček za prudšího pohybu, či při jejich čištění, však považujeme za zbytečný, ba za nevhodný a důsledně jej redukuje. Třetí oddělená část objímky III umožňuje malé, avšak nezbytné sklony objektivu do správného směru a je proto nezbytná pro vyrovnávání malých výrobních prohřešků za tvarování tubusu. Tato část III se upevňuje v tubusu a společně s objímkou I je propojena i vzpírána třemi dvojicemi šroubů, z nich v každé dvojici jeden tlačí a druhý táhne. Tlačný šroub má vymezit jeden z bodů roviny, jejíž normála má směr shodný s optickou osou objektivu. Tažný šroub naopak objímku přitlakem fixuje v námi vymezené poloze. Vyplácí se proto typy těchto šroubů rozlišovat např. rozdílností tvarů jejich hlavice proto, aby za justování pomocí obrazů hvězd nedocházelo v podmínkách nedostatku osvětlení, či jinak, k jejich nechtěné záměně a tím i ke zmaření většího úsilí.

V.11. Objímka pro čočkový objektiv nad 150 milimetrů.

Objímka se celkově neliší od objímky právě uvedené. Existuje však jediný podstatný rozdíl a to ten, že čočky se po straně dotýkají objímky ve třech výstupcích vytvářených šroubky, zavedenými do objímky z boku. Dva z těchto šroubů jsou pevné, třetí však musí být přitlačován silnějším pérem, využívajícím buď přímo speciální vhodný výřez do objímky, či přímo přišroubovaným na objímku zevnějšku. Sílu péra musíme nastavit alespoň takovou, aby se tato přitlačná součást neprohýbala působením váhy čočky při svém užitém napětí o více než o 0,01, maximálně však až o 0,02 mm. Tlak na čočku je vhodné proto zkonstruovat jako seříditelný, např. pomocí šroubků. Mezi objímkou a objektivem může být vůle i větší, třeba až několik desetin milimetru. Pro vhodně nastavený tlak péra může objektiv zůstat prakticky vnitřně nepohyblivý, a to za všech teplot přicházejících do úvahy, i teoreticky. To je zásadní a nezbytná podmínka správné funkce všech objektivů, spojených s vyměřovacími pracemi. Postranní výstupky pak polohujeme do roviny těžiště čočky kolmé k optické ose. Jejich shodná vzdálenost je rovněž samozřejmostí.

V.12. Čištění čoček objektivu a jejich vkládání do objímky.

Čočky očistíme po stranách od leštící červeně benzínem a jemným pískem na čištění nádobí, nejlépe korkovým přípravkem. Zbylou smolu po uchycení rukojetí k broušení a leštění odstraníme lehce lázní v *čistém technickém benzínu*, ve vhodně velké ploché misce. Papírovou vatou čočku pak zhruba očistíme od roztoku smoly a benzínu a poté již čistou vatou smočenou v benzínu své dílo vyčistíme co nejdokonaleji. Podobně postupujeme při čištění vysokoprocentním methyalkoholem. Plocha bude dostatečně čistá již tehdy, bude-li se rovnoměrně zamlžovat naším dechem. Pokud toho nedosáhnete, kápneme na vatou hustší červeně a plochu jí jen jemně přetřete, avšak neužijte sebemenší tlak na ni. Po oschnutí čočku dočistíte čerstvou vatou. Případné nechtěné deformace optické plochy se obávat nemusíte. Splněním naší podmínky o nepoužití tlaku je to zcela vyloučeno.

Vyčištěných ploch se nikdy nesmíme holou rukou dotknout, ba ani jen lehce o ně zavadit. Jinak bychom museli jí zasaženou část plochy opět důkladně očistit. Zásadně vždy celou, přinejmenším leštící červení. Sklo se třením elektricky nabíjí a přitahuje prach i drobná vlákénka vaty, vznášející se ve vzduchu. V optických továrnách aplikují tkaniny, jež svá vlákénka neuvolňují. My se spokojíme i s čistě opraným kapesníkem. Ostatní manipulace raději provádějme v jiné místnosti, zaručeně prosté poletujících vlákenek vaty, prachu a nečistot.

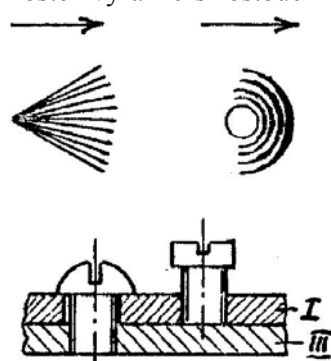
Nalepování distančních papírků na spojnou čočku je taktéž operací značně choulostivou. Snad nejlépe vyhovuje lesklá lepenka tloušťky asi dvou desetin milimetru. Její tloušťka bývá dostatečně stálá. Nastříháme si z ní stejně velké papírky rozměru asi dva na pět milimetrů a stlačíme je silně mezi dvěma skly proto, abychom tím srovnali jejich za stříhu pozvednuté okraje. Na spojce si označíme body vzdálené na obvodu o 120° a papírky, držené pinzetou, potřeme některým rychle neschnoucím lepidlem, např. arabskou gumou, v tenké vrstvě. Přímou na okraji plochy je přilepme do správné polohy. Potom velmi opatrně přitlačíme rozptylkou tak, aby přitom nedošlo k sebemenšímu jejich vzájemnému posunutí a současně, s pomocí neónové lampy, pozorujeme kriticky interferenční pruhy. Lampu přitom držíme přesně u oka a v co možná nejdelší vzdálenosti od objektivu. Při větším rozdílu r_2 a r_3 uvidíme, v poloze se spojkou směřovanou k nám, jen několik kruhů uprostřed obrysu objektivu v objímce. Nesouhlasí-li střed interferenčních kruhů se zdánlivým geometrickým středem obrysu objektivu, o čemž se lze přesvědčit případným přeměřením (i když tento způsob bývá poněkud pochybný), tlačíme bezprostředně na okraj čočky objektivu právě v místě středově symetricky polohovaném vůči azimutu interferenčních kruhů, vychýlených ze své středové pozice. Nejvhodnější k tomu, zřejmě, bude místo, nacházející se přímo nad právě nejbližším distančním papírkem k této protipozici. Připomínám, že za této operace se obě čočky nesmí vzájemně sebemeně posunout. Snad budeme mít to štěstí a podaří se nám lepidlo, akorát přebývajícím, vytlačit a tím i docílit přesnou soustřednost interferenčních kruhů. Provádění této sladovací operace mezí ploch objektivu se ukazuje jako nejpatříčnejší jen tehdy, je-li umístěn přímo v jeho objímce. Konečné posouzení je zásadně směrodatné alespoň autokolimační zkouškou, avšak ten nejlepší test objektivu je přímo na obloze a, pochopitelně, za dokonale klidného stavu ovzduší. Později to ještě popíšeme podrobněji. Nestejná tloušťka distančních papírků, způsobující prostorový nesoulad optických os dvojice našich čočkových komponent tak vlastně přímo, se nám musí nutně projevit vadou zobrazení typu koma. Opatrné a trpělivé seškrabávání těchto papírků žiletkou, spojené nezbytně s jeho neustálým pečlivým přezkušováním, jsme též již zmínili. Jen tak se lze dobrat uspokojivého výsledku, i u světelnějších objektivů především, jenž jsou, na vzájemnou správnou polohu čočkových komponent, mimořádně citlivé.

Jako nejsprávnější způsob vkládání čoček do objímky objektivu se ukazuje následující způsob. Ten ostatně v principu platí plně i pro konečné vkládání zrcadel. Sestavené čočky objektivu si položíme na čtvercovou krabičku značně menší velikosti, v porovnání s jeho průměrem, a objímku objektivu se pak snažíme na ně, za současné manipulace prsty v čistých rukavičkách, navléknout. Vše musí proběhnout naprosto lehce a bez sebemenšího silového působení. Jinak by, nejpravděpodobněji, mohlo dojít k snadnému odštěpení nějaké okrajové plošky. Každý toho dříve, nebo později, a jistě uvážlivě, docílí. Dojde-li však k tomu, že se nám objímka vzpříčí a uvázne jakkoli ve špatné poloze, doporučuji objímku vyhrát, za stálého protáčení. To samo je k nápravě věci plně dostačující. *Sesazování objektivu do celku bývá spojeno s nejsnazší prací tehdy, máme-li čočky po obvodové straně jemně obroušené a jsou-li, stejně jako objímka, i přesně kruhové.* Ostatně, přesně taková finální úprava bývá u objektivů, renomovanými optickými firmami produkováných, naprostou samozřejmostí. Zjevně jde přitom o technologické detaily, obvykle způsobující vlastně amatéru-samoukovi ty nejvážnější těžkosti a problémy.

Jde přitom o práci, zajišťující natolik správné prostorové polohy optické osy objektivu ve svém konečném efektu, aby s optickou osou okuláru mohla co nejideálněji splynout. Proto je především nezbytné důkladně prověřovat, zda prochází podélná osa okulárového výtahu geometrickým středem optických ploch objektivu. Právě to se v amatérských konstrukcích dalekohledů nedodrhuje naprosto přesně a proto se nám vždy vyplácí co nejdůkladnější prověrka všech náležitostí. Postup prověřování by mohl být následující: Objektiv zakryjte průsvitným papírem, na němž jste si tuší vykreslili několik přesně soustředných kruhů tak, aby byly současně koncentrické i s vnitřní obrubou objektivové objímky. Do pozice okuláru vložte clonu s otvorem o průměru nanejvýše jednapůl milimetru a do objektivového konce okulárové trubice vložte clonu s vnitřním otvorem takového průměru, aby se nám na vzdálený objektiv promítala coby kruh průměru nepatrně menšího, než má náš objektiv sám. Jistě není pro vás problém si takový průměr spočítat. A dalekohled zamiřte k jasné obloze. Podíváte-li se proto přes clonku umístěnou v místě okuláru, musí se promítat clona na konci okulárové trubice při tom na objektiv ve tvaru kruhu přesně soustředného se soustřednými kruhy, vykreslenými na průsvitném papíře tuší. Nedosáhnete-li toho, pak zpozorovanou chybu musíme odstranit novým pozičním přestavením s opětovným nastavením okulárového výtahu tak, aby plně vystihoval zde popsanou logiku věci. Hlavně tou je nutné se řídit.

Vlastní justování objektivu je věcí zcela delikátní. Prvořadě je k tomu nezbytná hvězdná noc s atmosférou zcela ustálenou, ty však bývají zcela výjimečné. Proto se u větších objektivů i zrcadel musíme spokojit často jen i s přibližnou dočasnou justáží, a to až do doby jejího bezodkladného precizního dokončení, samozřejmě, že bezprostředně v okamžiku nejbližšího výskytu k tomu vhodné noci. Žádné odklady netolerujte, roztodivnosti vrtochů počasí každý amatér dostatečně zažil na své kůži. Pro astronomii jsou typické.

Dalekohled se zhruba dvacetinásobným relativním zvětšením na jeden centimetr průměru objektivu a za dokonalých podmínek ovzduší, zamiřte na Polárku, jež je k tomuto účelu snad vůbec nejvhodnější. Přiveďte si ji do středu zorného pole. Za dokonale klidného ovzduší byste měli tuto hvězdu spatřit jako malinký kruhový kotouček, s jedním nebo více soustřednými ohybovými kroužky. Jejich počet přitom roste výrazně s rostoucím průměrem objektivu. Zvýšení intenzity především prvního ohybového kroužku, případně i zvýšení jejich počtu, bývá způsobováno eventuálně přítomnou otvorovou vadou. Této okolnosti věnujte náležitou pozornost! Ohybové kroužky musí být zcela přesně kruhové a i jejich šířka po celém jejich obvodu musí být táž. Pokud není objektiv správně justován, pak se u objektivů, různých od aplanatických, setkáváme s již námi dříve popsaným úkazem, prozrazujícím přítomnost komy. Pokud je úroveň komy velká, znetvoří nám tím obraz hvězdy do tvaru malé kometky. V opačné situaci, tedy je-li jev komy nevelký, pozorujeme pouze jí zesílené ohybové kroužky, jakoby byly soustředěné pouze do jednoho směru, kdy se příslušné části ohybových kroužků počnou se strany středově symetrické okolo středu ohybového kotoučku pozorovatelně vytrácet. Malým vytažením či vtažením okuláru nedochází pak již k stejnoměrnému rozšiřování kotoučku hvězdy, ale jen se více kloní k té straně, na niž se koma jeví. Chybu zmenšíme, když část objektivu na niž směřuje koma, přiblížíme k okuláru, či symetricky podle středu opačnou část objektivu, tu k níž hlava kometky směřuje, naopak od okuláru oddálíme. Sledujme to na obrázku 72. Směr komy je zde vyznačen šipkou a znázorňujeme na něm i dvojici justážních šroubů, tažného i tlačného, zajišťující buď oddálení, či přiblížení objektivu k okuláru. K přiblížení objektivu stačí tlačný šroub povolít a ihned dotáhnout tažný šroub. Opačný postup je jasný. Vidíte, že nejdříve povolíme náš šroub tažný a naopak vešroubujeme jej doplňující šroub tlačný.



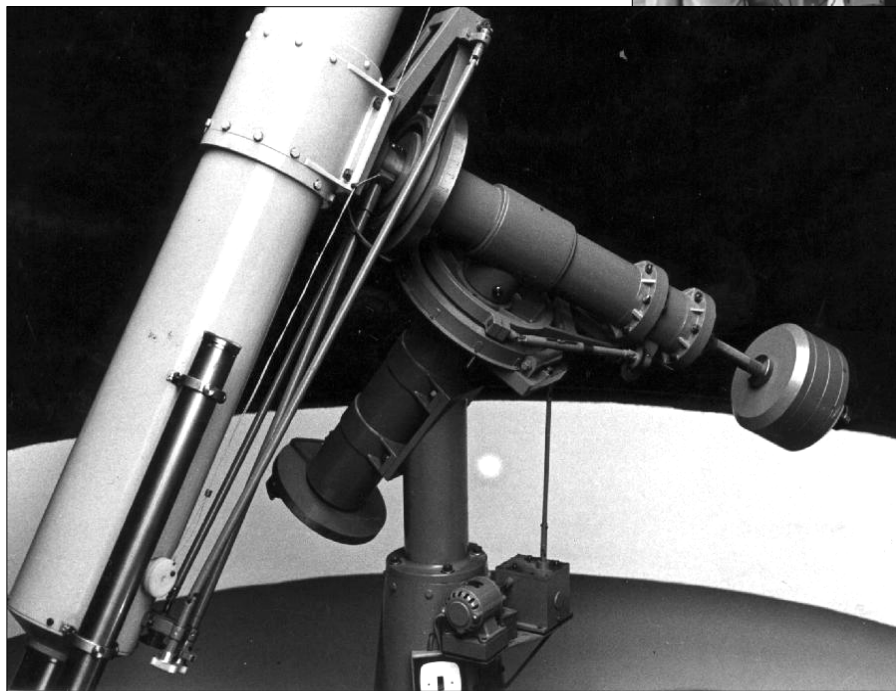
Obr.72

Potom hvězdu přivedeme opět do středu zorného pole, zaostříme si ji a zjistíme, zda jev komy se zmírnil, odstranil, či zda změnil svůj smysl. Podle posouzení vzniklé situace postupujeme náležitě dále až do té doby, než docílíme stavu zobrazení, v němž se ohybový kotouček hvězdy rozostřováním roztahuje při obou rozostřeních zcela souměrně vzhledem k nastavené pozici naší hvězdy. Postupným opatrným vysouváním a zasouváním okuláru přitom docílíme toho, že se kotouček roztahuje do systému koncentrických ohybových kroužků. Ty by obousměrným oddalováním okuláru od ohniska měly přibývat a rychle temnět. *Abychom jasně zjistili i nepatrnou chybu v justáži objektivu, musíme okulárem posunout jen o tolik, aby se objevil jeden, či maximálně dva ohybové kroužky, nikdy ne více.* Potom i *seběmenší vada se projeví excentrickým roztahováním kroužků.* Ke konci justáže jsou pohyby šroubů jen zcela nepatrné a musí být velmi jemné. Při justáži je vhodná souhra dvou osob, kdy jedna je u okuláru a hlásí výsledek justážních pohybů a současně vydává instrukce k natáčení šroubů oné osobě druhé, jež je v blízkosti objektivu a instrukce pozorovatele prakticky uskutečňuje.

Pozorováními extrafokálních obrazů jsme tak zpřesnili justáž objektivu, dosaženou přímým pozorováním obrazu přesně v ohniskové rovině. *U objektivů aplanatických, prostých komy, je náš postup jiný.* Jejich hlavní optickou vadou je *astigmatismus šikmých paprsků.* Aplanatické objektivy jsou však i méně citlivé na justáž

Zprovoznění celostatu LH ve Ždánicích v roce 1966. Pan Kozelský instruuje, Ing.Gajdušek přihlíží zprava.

svých prvků, než jsou objektivы neaplanatické. U nich nedostatečnou justáž poznáváme pak podle toho, že ohybové kruhy hvězd získávají eliptický tvar již pro malé vsunutí či vysunutí okuláru, a že hlavní osy této elipsy jsou vůči sobě vzájemně kolmé. K odstranění vady je nezbytné objektiv mírně protočit v jednom, či v druhém směru kolem



hlavní osy elipsy, jež je patrná za malého zasunutí okuláru. Směr je přitom nutné vyzkoušet. Nelze-li objektiv ani popsáním způsobem opravit, je důvod k podezření, že chyby jsou v samotné konstrukci objektivu. Osový astigmatismus tu pak může být důsledkem faktu, že jeho optické plochy nejsou už více rotačními plochami. Vada může spočívat ale i ve skle samotném. To nám prokáže autokolimační zkouška. Spočívá-li vada čoček důvodně na optických plochách, mohou též i obě čočky být astigmatické.

Pohled na okulárovou část velkého refraktoru Lidové hvězdárny Ždánice, osazeného objektivem o $\varnothing 20\text{cm}$, $f=3\text{m}$.

V tom případě lze jejich vzájemnou rotací vyhledat polohu, v níž se obojí astigmatismus může částečně, či dokonce i zcela, eliminovat. Nalezení optimálního protočení obou komponent je obtížné i velmi pracné.

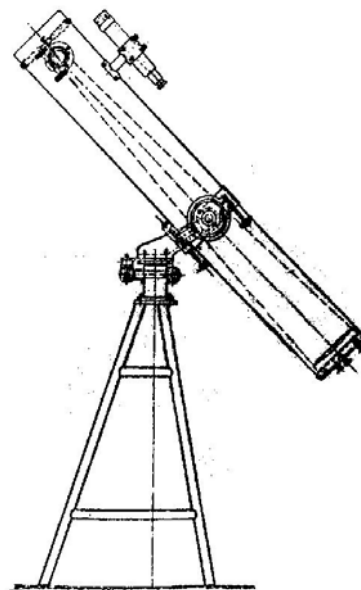
Je-li možná aspoň částečná eliminace, pak ke zdaru vedou nejrychleji jen systematická hledání, podložená bedlivým pozorováním zobrazení. I u objektivů zhotovených věhlasnými optickými firmami najdeme stranové označení poloh obou čoček dvěma zářezy tak, aby jejich koincidence zaručovala vzájemnou polohu, v níž je hodnota osového astigmatismu nejmenší. Čočky pak ve vlastním zájmu spolupoložujeme těmito zářezy.

V.13. Montáže astronomických dalekohledů.

Tato kniha nesleduje jako svůj cíl podrobné pojednání o montážích pro hvězdařské dalekohledy, byť jen pro amatérské účely. Doposud jsme podrobněji pojednali pouze o uložení zrcadel a objektivů do různých typů tubusů, otázky a postupy jejich justování a jiné podobné detaily. Bylo tomu tak především proto, že uvedené přestupky, ale hlavně hrubé chyby při nich se vyskytující, a dost možné z pouhé neznalosti či na bázi začátečnických mylných představ o konstrukci či optických principech, zpravidla dokáží znehodnocovat jinak zcela dobrou optiku. Pokud jsme se však takovým nedostatkům dokázali vyhnout znamená to, že náš dalekohled je opticky dokonalý a schopný, přes mnohé potíže, spojené s nutností používání primitivní montáže, poskytovat kvalitní obraz, i přes všechna nepohodlí a některá rušivá extempore s tím spojená. Naopak, sebekvalitnější montáž nevnutí námi vyrobeným optickým prvkům našeho budoucího dalekohledu kvalitní optické plochy, jež jsme v optické dílně sami nedokázali nezkazit, či nezvládli odpovědně vytvořit.

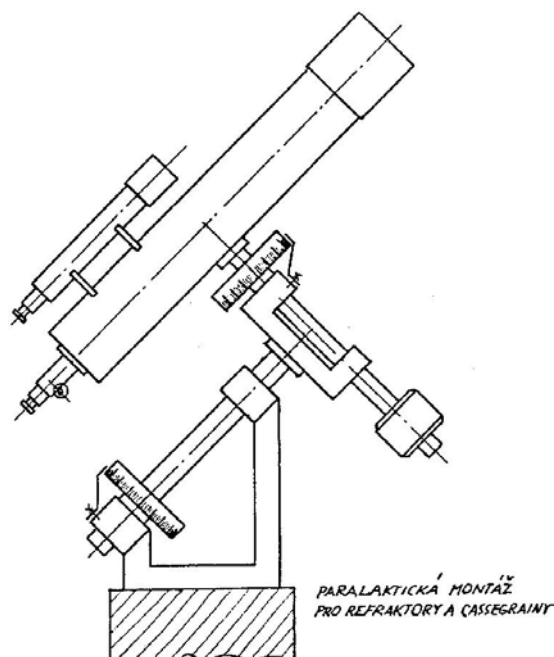
Přesto zde uvádím dvě typová rozkreslení vhodných druhů montáží dalekohledů pro amatérská užití neboť soudím, že zručnějšímu a vytrvalejšímu zájemci může, při jeho nezbytné pevné vůli a též nevelkém finančním zázemí, usnadnit zadávání výroby jednotlivých součástek či celků zkušenému mechanikovi, ochotnému mu pomoci. Pokud konstruktér má sám přístup ke kovoobráběcím strojům, jsou takové vzory tím více k potřebě, ba doslovně „přímo k nezaplacení“.

Pro běžné pozorování i fotografování jasných objektů na nebeské sféře dovede dobře posloužit prostá vidlicová montáž, rozkreslená na obrázku 73. Hlavní její výhodou je poloha tubusu, nevyžadující žádná protizávaží a s tím i související snadná ovladatelnost dalekohledu, i její prostá demontovatelnost na dva snadno transportovatelné díly. Tubus lze vyjmout snadno z dvojdílných ložisek vidlice, takže rozklad dalekohledu obnáší dva díly, totiž tubus dalekohledu a stojan s vidlicí. Sama montáž stojanu je doplněna ustanovkami, blokujícími pohyby ve výškové a azimutové ose. Na ně navazují mechanismy jemných pohybů. Tato azimutální montáž je vhodná pro refraktory do průměru 120 až 130 mm a reflektory asi do průměru hlavního zrcadla 180mm. Ale ne nad 200 mm.



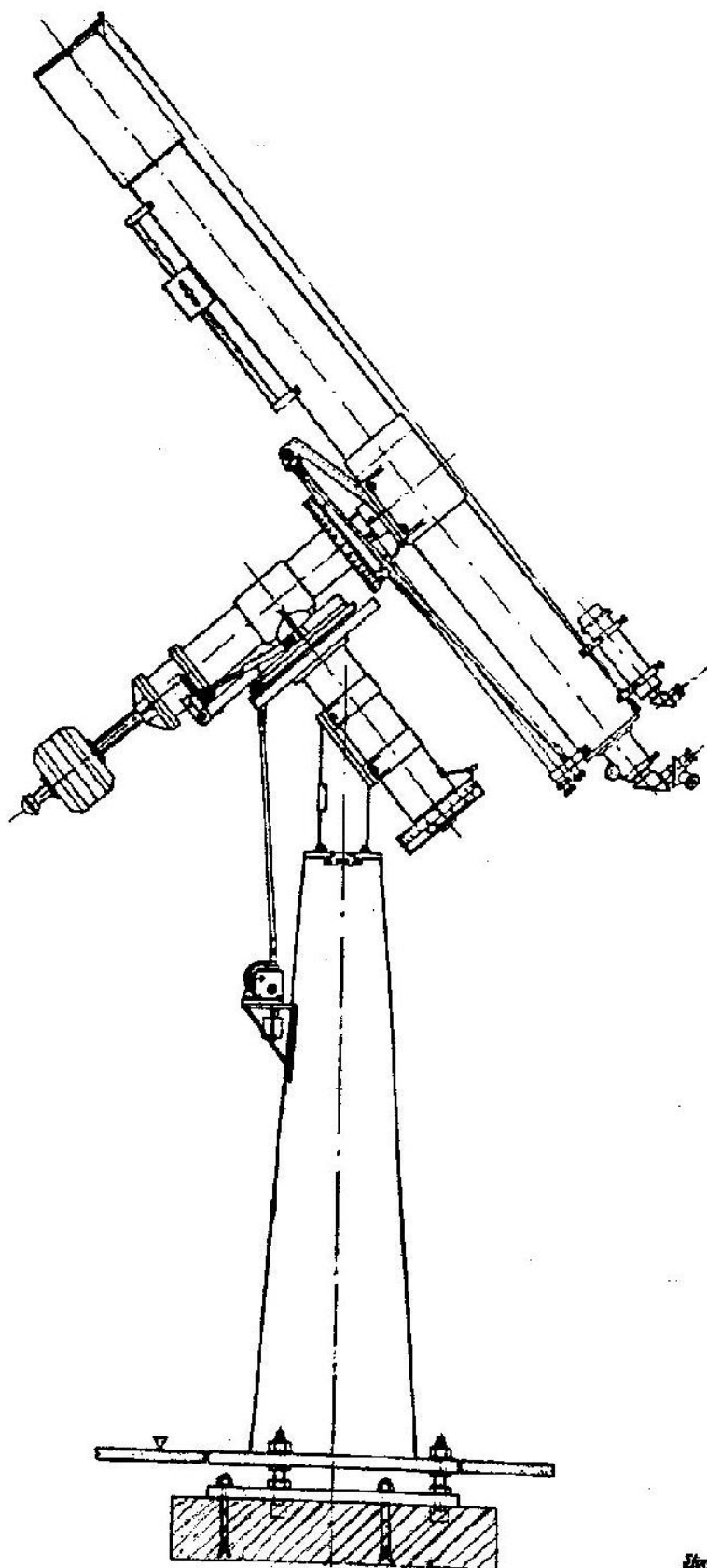
Obr.73

Snem náročnějšího astronoma amatéra je zcela jistě paralaktická montáž. Ta je schematicky rozkreslena na obrázku číslo 74 této strany. Je použitelná jak pro refraktory, tak i pro reflektory. Při ní je však nutné počítat i s tím, že se okulárový výtah Newtonova dalekohledu někdy nachází takřka ve zcela nepříznivé poloze pro pozorovatele a proto se velmi hodí, počítáme-li s tím dopředu a zhotovíme-li si přední část tubusu Newtonova reflektoru, nesoucí nosníky diagonálního zrcátka i okulárový výtah, jako otočnou kolem optické osy hlavního zrcadla. Samotnou paralaktickou montáž je nutné opatřit ustanovkami doplněnými jemnými pohyby v rektascenční, a též v deklinační ose. U menších dalekohledů bývá obvyklé řešit pohon pérovým strojkem, závažím, či synchronním elektrickým motorkem. Při výpočtu převodů je nutné brát za sekundový ekvivalent jednoho hvězdného dne 86 164 sekund. Obě osy lze opatřit i dělenými kruhy. Přesné vedení dalekohledu je nutné podmíněno vzájemnou velmi dobrou kolmostí deklinační osy na polární, či rektascenční, osu a i tím, že optická osa dalekohledu je přesně kolmá k ose deklinační. Navíc platí i zásada, že jak tubus, ba i všechny s ním se otáčející součásti montáže, mají být co nejlehčí, vždy ale jen natolik, aby to nebylo na úkor tuhosti našich konstrukcí. Průhyb tubusu a jednotlivých os je nepřijatelný. Samotná montáž, tedy zcela obzvláště její pevné díly, mohou být i robustnější, vždy však musí být vyrobeny přesně a jako dokonale tuhé.



Obr.74

Na obrázku 75 této strany je rozkreslen příklad náročné paralaktické montáže pro refraktor o průměru objektivu 200mm a s ohniskovou vzdáleností $f = 3000$ mm, stejně dobře upotřebitelný pro reflektory o průměrech zrcadel do 380 mm. Projektoval jsem ji před lety a poté i vyrobil ve své starobělské dílničce, umístěné v kuchyňce prvního patra našeho rodinného domku, taktéž za platné manuální pomoci mé manželky Marie, v počtu několika kusů. Hlavně pak pro několik slovenských lidových hvězdáren. Vcelku se na nich, ale též i jinde, velmi osvědčila.



Obr.75

Ilustrace 22.5.07



Třicetiminutová expozice mlhoviny Severní Amerika, pořízená panem Josefem Klepeštou v oblasti poblíž Denebu v Labuti Schmidtovou komorou o světelnosti 1:2,25 obou autorů. Vykazuje vysokou citlivost přístroje při tehdy běžné fotoemulzi. Obraz byl poté zvětšen dodatečně, z kruhového negativu o průměru 40mm.

VI. O modifikaci Schmidovy komory a o optických systémech jí příbuzných.

VI.1. Všeobecné poznámky.

Originální princip Schmidovy komory [4], všeobecně uznávaný ostatně již od samého okamžiku zveřejnění tohoto objevu, se, kromě svých nepopíratelných kladů, vyznačuje rovněž svými zápory. Jsou dvojího druhu. První nevýhodou je značná stavební délka této astrokomory, způsobovaná charakteristickou polohou její korekční desky, umístěvané právě co nejbližší středu křivosti hlavního kulového zrcadla. Jde přitom spíše o rys konstrukce, jenž se nemusí projevovat až tak kriticky, hlavně u astrokomor o vysoké světelnosti. Druhá nevýhoda, totiž jejich charakteristické sklenutí obrazového pole, dokáže způsobovat již daleko vážnější nepříjemnosti. Zcela přirozeně se proto v průběhu času objevovaly nejrůznější snahy o modifikaci tohoto optického systému, jinak velmi výhodného a přínosného. Objevily se ostatně již v brzkých odezvách na Schmidovo zveřejnění svého objevu. Jejich záměrem bylo převážně dosažení rovinnosti obrazového pole, neboť to by bylo bývalo pro praxi nesporně tou nejžádanější úpravou. Současně bylo žádoucí zachovat obě nejzákladnější výhodné vlastnosti Schmidovy astronomické komory, upřednostňující ji oproti jiným optickým systémům. Konkrétně šlo o jejich vysokou světelnost a o velké, ale současně však, i o nezkreslené obrazové pole.

Možné sklenutí obrazového pole u komor málo světelných (s hodnotou 1:5, i menší) se dá nejsnadněji odstraňovat vhodnou plankonvexní čočkou. Tu pak umístíme těsně před fotografickou desku a přivracíme ji její rovinnou plochou k emulzi. Narovnat obraz lze i změnou figury zrcadla, korekční desky atp..

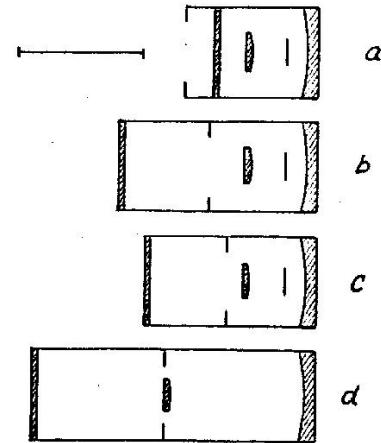
Wright [9], v úsilí o zkrácení aktivní délky Schmidovy komory, navrhl optický systém, u něž má zrcadlo tvar zploštělého rotačního elipsoidu, sféroidu. Jeho odchylka od kulového tvaru je dostatečně malá, svou velikostí odpovídá situaci u paraboloidu, nicméně je opačného smyslu. Korekční deska tím získává nutně větší deformaci, než to bývá obvyklé pro normální Schmidovy komory stejného průměru i ohniskové vzdálenosti. Umístíme ji pak zhruba do ohniskové roviny hlavního zrcadla. Bohužel, Wrightova modifikace je zatížená astigmatismem, který, žel, omezuje její použitelné obrazové pole příliš. Vada se zdůrazňuje především za větších výsledných světelností. Lze proto shrnout, že Wrightova modifikace je úspěšná u astrokomor o světelnostech menších než 1:3. Oproti klasické Schmidově konfiguraci je výrobně značně obtížnější, a to jak atypickou optickou plochou svého zrcadla, tak i již zmíněnou zvýrazněnější deformací své korekční desky.

Mají-li se tedy, při požadavku na planárnost obrazového pole, zachovat původní hlavní přednosti Schmidovy komory, tj. praktické odstranění sférické vady, komy i astigmatismu, nelze problém řešit jinak, než vnesením dodatečně nové optické komponenty, tj. v pořadí již třetí. Tou se stává konvexní sekundární zrcadlo shodného zakřivení se zrcadlem primárním a umístěvané do pozice před jeho ohniskem. V jistém ohledu není nově vzniklá optická konfigurace nepodobná Cassegrainovu zrcadlovému systému. Umožňuje nám vybírat si i tu nejpatříčnější z vhodných konfigurací optických členů systémů, které zahrnují též i korekční desku, ne nepodobnou té Schmidově. Korektor se pak umístuje oproti originálnímu řešení, blíže k hlavnímu zrcadlu. Samotná rovinná fotografická deska se umístuje do patřičné pozice prostoru mezi primární a sekundární zrcadlo.

James Baker [11] navrhl a sám propočítal několik typů takových komor. Bývají označovány jako *Baker-Schmidovy astrokomory*, či obvykleji se jmény v opačném pořadí. V USA několik kusů různých takových typů skutečně do provozu naběhlo a osvědčily se v něm skvěle. Ostré obrazové pole je u nich, co do velikosti, srovnatelné se stavem platným pro originální typ Schmidovy komory. Pro některé kombinace Baker-Schmidtova typu jsou charakteristická malá zkreslení obrazového pole. Projevují se mírným vyduťím přímek, neprocházejících ohniskovým bodem jejich obrazů. To je však u většiny astronomických účelů víceméně nevýznamné. Projev vlastností, rozšířených o rovinnost obrazového pole, tedy aplanatismu¹ i anastigmatismu, pro zadanou výslednou ohniskovou vzdálenost, bývá parametrizovatelný. Baker se uchýlil k možné volbě dvou klíčových parametrických veličin navrhovaného optického systému, tradičně již dvou vzdáleností: jedné, v zaváděné distanci korekční desky od primárního zrcadla, a druhé v odstupu fotografické desky od sekundárního zrcadla. Prokázalo se, že všechny ostatní rysy šetřeného typu optického systému jsou následně vyjádřitelné poměrně jednoduchými funkčními vztahy obou zmíněných výchozích, a oprávněně tak, skutečných klíčových parametrických veličin.

¹ Aplanatický je optický systém tehdy, je-li u něj současně odstraněna sférická vada i koma. Poz.rev.

Baker připustil i splnění ještě další podmínky, již je nulovost zkreslení pole. Ta mu umožnila výběr jen jediné z těchto klíčových parametrických veličin. Teoreticky tak lze připustit existenci nekonečně mnoha takových optických systémů, jež vyhovují zcela těmto zmíněným třem, případně čtyřem, zadaným podmínkám. Ke čtyřem reálným hlavním typům Bakerových komor, či Baker-Schmidtových modifikací, pak dospějeme tehdy, když na zadaný problém pohlédneme realističtěji a uznáme nutnost zahrnutí ještě některých dalších hledisek, jimiž jsou např.: sama obtížnost zhotovování, délka tubusu, kvantifikace zkreslení... Baker pak rozlišuje jejich typy pomocí písmen A, B, C a D. Nicméně i u jednotlivých těchto typů zavádí jejich možné podtypy. Sám pak, pro každý ze čtyř jim zavedených hlavních typů, spočítal čtyři z nich.



*SROVNÁNÍ BAKEROVÝCH TYPŮ SE SCHMIDTOVOU
KOMOROU STEJNÉ OHNISKOVÉ DÁLKY (=ÚSEČKA)*

Obr. 76

Na obrázku 76, uvedeném původně v citované Bakerově práci [11], můžeme nalézt schematické srovnání typů A, B, C a D s původní Schmidtovou komorou o stejné ohniskové vzdálenosti, označené na obrázku úsečkou. Přitom schéma *a* odpovídá typu A, schéma *b* pak typům B i C - navzájem se lišícím jen málo. Schéma *c* reflektuje typ D a schéma *d*, konečně i samu původní Schmidtovu astrokomoru. Vidíme, že délka tubusů je u všech typů, oproti původní Schmidově komoře, kratší. Schéma daného typu odpovídá jeho jisté variaci. Pro daný typ je nutné považovat je za jeho průměrné vyjádření.

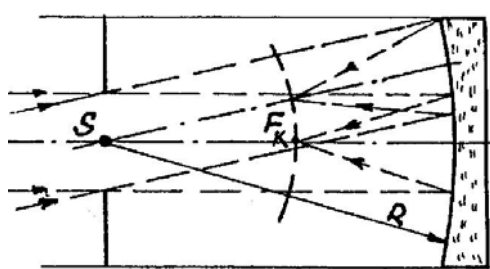
- Typ A: Korekční deska tohoto typu komory je situována velmi blízko k sekundárnímu zrcadlu. Proto může být délka tubusu, nazveme-li ji onu jeho konstrukci vymezující vzdálenost korekční desky od hlavního zrcadla, až třetinou délky původního tubusu Schmidtova systému. Odchylna tvaru ploch obou zrcadel od kulové plochy, zvláště pro zrcadlo sekundární, je značná a takové sekundární zrcadlo je proto vyloučeno figurovat pouhým leštěním, běžným u korekcí sférických ploch na parabolická zrcadla obvyklých světelností. Maximální zakřivení korekční desky je značné. Sestrojení onoho typu komory je nejobtížnější ze všech typů.
- Typ B: Sekundární zrcadlo astrokomory daného typu je přesně kulové, jeho zkoušení je přesně proveditelné pomocí interference s dutým konkávním zrcadlem stejného poloměru křivosti, jež se dá naopak odpovědně kontrolovat Foucaultovou stínovou zkouškou, přitom naprosto precizně. Primární zrcadlo se tu od kulového zrcadla příliš neliší a jeho difference je značně menší než u paraboloidu stejného poloměru křivosti. Lze je proto rovněž přesně kontrolovat Foucaultovou stínovou zkouškou. Výroba typu B je proto i nejjednodušší.
- Typ C: Primární zrcadlo je přesně kulové a sekundární zrcadlo se pouze málo liší od sféry. Zkoušení sekundáru vykazuje nesrovnatelné prvky obtížnosti oproti typu B. Je uskutečnitelný i mezityp B a C, o komplementárních figurách ploch obou zrcadel, blízkých sféře. Tím i konvexní zrcadlo lze zkoušet výhodně interferenční metodou za pomoci zrcadla konkávního. Pracnost výroby je již značnější a řadí se až za typ B.
- Typ D: U uvedeného typu je zcela odstraněno zkreslení, hodil by se proto ve funkci vysoce světelných komor, nesporně i s účely terrestrickými. Primární zrcadlo, narozdíl od sekundáru, se od sféry liší průměrně méně než činí paraboloid, sekundární zrcadlo se naopak nepoměrně obtížněji sestavuje, ale hlavně zkouší.

Závěrem zavedme mou snad neomluvitelnou usanci, když optická schémata obrázků číslo 78, 80, 85 a 88 až 91 nakreslím, z důvodů čistě praktických, ve zkracující, však odborníkům nejspíše v srdcervoucí nefyzikální symbolice. U nich F_K značí plochu obrazové „roviny“ kazety (zpravidla sférickou) pro nekonečně délkově, i dostatečně úhlově vzdálené předměty. Tím na těchto schématech nemohou odrazově nijak nenavazovat marginály osového ohniskového bodu na úhlově rozevřený kužel úhrnně zobrazovatelného obrazového pole. Prosim čtenáře o laskavou kolegiální toleranci schémat druhu až tak zkrat(k)ového, že kvůli názornosti smíchal hrušky s jablky.

VI.2. Schmidtova astronomická komora.

Parabolické zrcadlo má, v důsledku značných mimoosových aberací, poměrně nevelké obrazové pole s uspokojivě ostrou definicí obrazu. U takto asférického zrcadla ale při stoupající světelnosti úhlový průměr použitelného obrazového pole klesá nepoměrně rychleji. Např. zrcadlo známého Mt. Palomarského pětimetrového dalekohledu se světelností 1:3, vykresluje kolem svého ohniskového bodu bezvadné obrazové pole, obnášející všehovšudy pět obloukových minut. Pro představu, je tento údaj pouhou asi jednou šestinou průměru ze Země viděného zdánlivého měsíčního kotouče. Před primární ohnisko zrcadla vložený Rossův čočkový kompenzátor dovoluje použitelné obrazové pole značně rozšířit, v daném případě má skvělé pole přibližný úhlový trojnásobek. Méně světelné dvouzrcadlové Schwarzschildovy a Ritchey-Chrétienovy optické systémy umožňují též dosažení uspokojivého obrazového pole často o úhlovém průměru až dvou, i tří, stupňů. Ale optický systém Schmidtův historicky předstihl všechny snahy o kvalitní širokouhlé snímky zcela bezkonkurenčním způsobem.

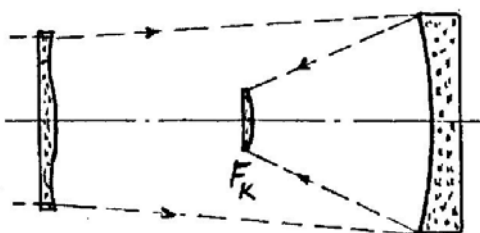
Bernhardt Schmidt (1879 až 1935), v závěru své aktivity optik hamburské hvězdárny, vyšel z principu symetrie kulového zrcadla, znázorněné na obr.č.77. Pokud do středu křivosti kulového zrcadla umístíme clonový otvor, je z obrázku zcela evidentní, že duté zrcadlo rozšíří své zobrazovací vlastnosti na značně rozevřený kužel,



Obr.77

vytvářený poloměrem křivosti, symetrický právě podle středu jeho křivosti. Lze proto usoudit, že obrazová plocha takto vzniklá, se přetvoří do tvaru zcela soustředné sférické plochy se zobrazujícím zrcadlem, a opsané kolem společného středu křivosti. Vždy však o polovičním poloměru křivosti hlavního zrcadla. Proto dosti dobře vlastně ani nemůže vykazovat mimoosové vady jako je koma, či astigmatismus. Šikmé svazky rovnoběžných paprsků se pak chovají shodně, jak to činil svazek rovnoběžných paprsků, postupujících ve vodorovném směru ve směru, od nekonečně vzdáleného předmětu na původní optické ose, k astrokomoře. Můžeme proto směle tvrdit, že neexistuje toliko jediná optická osa, ale že také každá z normál této sférické zrcadlové plochy může být chápána jako zcela rovnoprávná optická osa, příslušná danému bodu povrchu kulového zrcadla. Nepřehlídíme-li kriticky ke sklenutí pole, pak jedinou významnou optickou vadou, ponechanou tomuto kulovému zrcadlu, se clonou umístěnou ve středu jeho křivosti, je otvorová vada. Obrazové vady, vznikající dopadem šikmých paprskových svazků, jsou úrovně až sedmého řádu a tím se stávají zcela bezvýznamnými.

Schmidt navrhl odstranit přetrvávající sférickou vadu zvláštní korekční deskou, umístěnou do středu křivosti zrcadla, jak to lze vidět na obrázku 78. Jde tu o tenký optický člen, jenž je vlastně z jedné své strany původně planoparalelní deskou, postupně upravenou úmyslnou nevýraznou deformací. Deformace je jen taková, aby se jí eliminovala právě ona zůstatková sférická vada zrcadla systému, platná pro onu clonu ze středu křivosti. Zanedbáme-li vady vyšších řádů než řádu třetího, pak zmiňovaná speciální korekční deska nezavádí žádné z jiných, i nějak významnějších, vad. Popsaným přístupem dostáváme proto optický systém poměrně rozsáhlého a též ostrého obrazového pole, zachovávající si svou neobyčejnou světelnost.



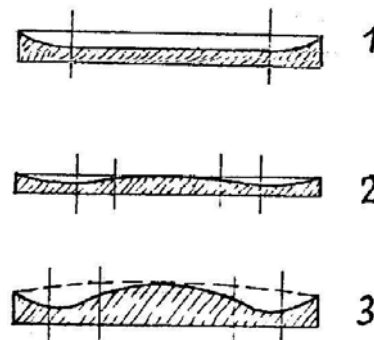
Obr. 78

Tvar správně funkční korekční desky není pro konkrétní sférické zrcadlo jedinečný. Je však asférický a přitom kolem svého geometrického středu rotačně symetrický. Lze ji proto provést vlastně v nekonečném počtu vzájemně různých, stále však vyhovujících tvarů. Osový řez asférické plochy korekční desky lze popsat křivkou čtvrtého stupně, a to rovnicí

$$x = \frac{y^2(y^2 - kh^2)}{4(n-1)R^3} \quad (\text{VI.2.1})$$

kde h představuje poloměr korekční desky, n je index lomu skla, R je poloměr křivosti kulového zrcadla. Hodnota k pak znamená onen zmíněný parametr.

Na obrázku 79 vidíme zobrazení přehnaně vykreslených tvarů tří typů korekčních desek, vykazujících tři významné typy základní důležitosti, a to charakterem asférických ploch. Prvý reprezentuje situaci, při níž parametr k z rovnice VI.2.1 má nulovou hodnotu, tj. platí pro něj $k=0$. V tomto případě jde o parabolu čtvrtého stupně a korekční deska není nepodobná plankonkávní čočce. Ve dvou zbývajících případech má korekční deska meridiální tvar své asférické plochy charakteru spojité křivky, vykazující dvě minima, symetrická podle jejího vrcholu, umístěného do geometrického středu její druhé planární plochy, ve smyslu projekce paprsky rovnoběžnými s jejími normálami. Druhý tvar odpovídá hodnotě parametru pro $k = 1$, třetí tvar pak získáváme u hodnoty $k = 1,5$. Druhý a třetí tvar meridiálního řezu asférické plochy jsou snáze sestrojitelné nežli tvar první, znamenající zjevně tak jen teoretickou výjimečnost. Druhý případ využívá planoparalelní desku, třetí případ konečně opticky slabou plankonvexní čočku, jež je do obr.79 vnesena i přerušovanou čarou. Minimum druhé meridiální křivky je vzdáleno od středu o $m = (h/2)\sqrt{2}$, minimum třetí křivky pak odpovídá hodnotě $m = (h/2)\sqrt{3}$. S minimy korespondují tzv. neutrální pásma příslušných ploch.



Obr.79

Paprsky procházející neutrálním pásmem, a jdoucí rovnoběžně s normálou planární strany korekční desky, se v ní vůbec nelámou a po odrazu od zrcadla protínají optickou osu v ohniskových bodech celého Schmidtova systému. Polohu ohniska na optické ose, a tedy i ohniskovou vzdálenost této komory, lze v jistém rozsahu měnit příslušejícím tvarem korekční desky. Korekční deska se přitom situuje svou asférickou stranou směrem k zrcadlu. V tom případě se střed asférické plochy umísťuje přesně do středu křivosti zrcadla.

Obrátíme-li ale planární stranu korekční desky k zrcadlu, potom vzdálenost této planární plochy korekční desky, počítaná od vrcholu zrcadla, činí $R-d/n$, kde d je tloušťka korekční desky v jejím středu, za n bereme obvykle hodnotu 1.51. Velikost deformace korekční desky kolísá v praktických případech od několika tisícín až po pár desetin milimetru. Roste přibližně s třetí mocninou světelnosti a s první mocninou ohniskové vzdálenosti.

Jak lze nahlédnout z tvaru rovnice meridiální křivky korekční desky, plné zrušení otvorové vady dosáhneme jen pro světlo konkrétní vlnové délky a proto Schmidtova korekční deska způsobuje malou chromatickou vadu systému. U velkých průměrů zrcadla, především pak ve spojení s vysokou světelností, může již nabývat zmíněná barevná vada tak docela dobře až neúnosně velkých hodnot, neboť její velikost roste s velikostí účelové deformace korekční desky. Bernhardtovi Schmidtovi se podařilo rozeznat, že nejmenší chromatickou vadu má tvar meridiálního řezu korekční desky, námi uvedený jako pořadově třetí. V tom případě je její hodnota, ve srovnání s chromatickou vadou způsobovanou tvarem prvního typu korekční desky, pouze čtvrtinová. Hlavně z tohoto důvodu se v praxi téměř výhradně využívá tvar korekční desky třetího typu, mající navíc ještě i tu dodatečnou výhodu, že maximální sklon křivky je u ní minimalizovaný. Tato skutečnost je právě pro výrobu korekčních desek mimořádně významná. K tomu však Strömgren dodává [5], že pokud bereme do úvahy navíc ještě i ohyb světla, potom, paradoxně, vyhovuje této okolnosti druhý typ korekční desky lépe (tj. případ $k = 1$), neboť chromatickou vadou ovlivňované průměry rozptylových kroužků se v tomto případě stávají již menší než srovnatelné ohybové plošky. Nicméně je vhodné přiznat, že *téměř všechny větší Schmidtovy komory mají korekční desky tvaru třetího typu s $k = 1,5$ a že jí příslušná křivka bývá proto nazývána, tradicí ustáleně, křivkou nejmenší chromatické vady Schmidtovy astronomické komory.*

U astronomické komory tohoto typu vystupuje značná vignetace obrazového pole ve směru k jeho okraji potud, pokud ponecháme průměr korekční desky rovný průměru sférického zrcadla. Snížení vignetace tak škodlivé a nepříjemně nepříznivé povahy dosahujeme, již tradičně, značným zvětšením průměru primárního zrcadla. Vignetaci však neodstraňujeme zpravidla v celém rozsahu obrazového pole, protože průměr primárního zrcadla by se tím logicky až tak mimořádně rozrostl, že by, v relaci k nákladům na rozměrnější i robustnější svůj nosný disk, již přestal být dosti rozumně využitým. Z principiálně využitelné symetrie zrcadla i obrazového pole podle středu jejich křivosti lze citem snadno usoudit, že průměr zrcadla by měl být, oproti průměru korekční desky, větší zhruba o dvojnásobek průměru obrazového pole, chtěně vignetaci nepostiženého. Jinými slovy, délkový průměr vhodného obrazového pole je za ideální situace roven rozdílu průměru čelního obrysu zrcadla a korekční desky, což pro úhlový průměr pole je náležitě ovlivněno ohniskovou vzdáleností zrcadla. Hodnota skutečného průměru obrazového pole zcela mimořádně přesahuje jen nepříliš jednu třetinu průměru korekční desky, zvané proto jako *účinný průměr* daného Schmidtova optického systému. Tyto komory se světelností 1:1 mívají proto obrazové pole zhruba 20° velké. Menší světelnost, logicky, zmenšuje pak tuto hodnotu přímo úměrně.

Pokud světelnost, a rovněž i účinný průměr, Schmidtovy komory, nepřesáhne jistou mez, můžeme obrazové vady vyšších řádů než třetího oprávněně zanedbávat a tím i kvalitu obrazového pole v jeho středu, i na okrajích, brát za vyrovnanou. Vady pátého řádu, vnášené korekční deskou, se však citelně uplatňují u vysokých světelností 1:1, či u komor velkých průměrů, a ty přirozeně negativně ovlivňují kvalitu obrazu hlavně při okrajích pole. U astronomických fotokomor se tyto rozdíly v optické definici částí obrazového pole však nestačí prakticky projevit a to jak z důvodů takřka stálého neklidu vzduchu, tak hlavně pro fotochemické vlastnosti běžných fotoemulzí, ovlivňujících velikost zrna zčernalého stříbra. Vyjmenované vede k významnější neostrosti obrazů, dané rozplyvem obrazů nejslabších stálíc, oproti udaným teoretickým hodnotám vad spojených s nimi, i udanými pro okraj obrazového pole. Poslední faktory jsou v praxi důvodně přec jen zanedbatelné.

Teorii obrazových vad pátého stupně vypracovali E. H. Linfoot [6],[8] a J. G. Baker [10]. Pro extrémně dimenzované Schmidtovy komory nevyhovuje již zcela výše uvedená rovnice meridiální křivky korekční desky (VI.2.1), když se u nich počínají uplatňovat členy vyšších stupňů. Baker [10] udává vzorec se členy až do desátého stupně, platný pro křivku nejmenší chromatické vady

$$x = ay^2 + by^4 + cy^6 + dy^8 + ey^{10} \quad . \quad (VI.2.2)$$

V tomto vzorci nejsou koeficienty a, b, c, d a e již konstantami, ale naopak jde o složité funkce argumentu $h = H/R$, tedy o funkce relativní zóny. Samy zpravidla představují velmi rychle konvergující řady. Pro složitost zápisu neuvádíme komplexní soustavu vzorců a spokojujeme se jen se soustavou vzorců jednodušších a vyhovujících, i, přes zahrnutí členů mocnin jen do šestého stupně, stále ještě dostatečně extrémním parametrům komor. Potom

$$\begin{aligned} a &= -\frac{3}{8(n-1)} \frac{h^2}{R^3} \left[1 + \frac{9}{16} \frac{h^2}{R^2} + \dots \right] & b &= +\frac{1}{4(n-1)R^3} \left[1 - \frac{3}{2} \frac{h^2}{R^2} - \dots \right] \\ c &= +\frac{3}{8(n-1)R^5} [1 - \dots] \end{aligned} \quad (VI.2.3)$$

Ohnisková vzdálenost Schmidtova systému je přitom

$$f = \frac{R}{2} \left[1 + \frac{3}{8} \frac{h^2}{R^2} + \dots \right] \quad . \quad (VI.2.4)$$

Vzdálenost ohniska od zrcadla je

$$1 - f = \frac{R}{2} \left[1 - \frac{3}{8} \frac{h^2}{R^2} - \dots \right] \quad (VI.2.5)$$

a vzdálenost neutrálního bodu vzhledem ke geometrickému středu frontální projekce korekční desky

$$y = \frac{1}{2} \sqrt{3} h \left[1 + \frac{3}{16} \frac{h^2}{R^2} + \dots \right] \quad (VI.2.6)$$

Ve všech uvedených rovnicích (3) až (6) jsou délky vyjádřeny v jednotkách relativního poloměru křivosti (tedy $R = 1$ a $h = H/R$, kde H je absolutní velikost poloměru korekční desky a R je poloměrem křivosti zrcadla).

E. H. Linfoot se snažil v [6] nalézt způsob zrovnoměření kvality obrazu v oblastech celého obrazového pole, za zadání jeho průměru. Měl tím na mysli zvýšení vlivu aberací v podoblasti středu tohoto pole a snížení jejich vlivu v jemu komplementárních podoblastech, po jeho stranách. Aby toho dosáhl, musel zavést jistou úroveň sférické aberace, i nepatrný astigmatismus. Dosahuje toho nepatrnou změnou původně sférického zrcadla poměrně nevelkou retuší a přirozeně i související úpravou meridiální křivky korekční desky. Podobná úprava si však vynucuje jistý přesun korekční desky ve směru k zrcadlu, i nepatrnou změnu zakřivení filmu v kazetě. Linfoot tak v důsledku retuše dosáhl zmenšení průměru rozptylových kotoučků v monochromatickém světle v oblastech okraje obrazového pole, na hodnotu zhruba dvou pětín jeho původní velikosti. Tímto opatřením i kvalita

obrazu nabyla na stejnoměrnosti po celém obrazovém poli. Aplikovatelnost Linfootovy úpravy je však smyslná jen u těch největších Schmidtových astrokomor.

Velikost chromatické aberace vymezuje uskutečnitelnost maximální světelnosti Schmidtových komor pro daný účinný otvor. Mimoosové aberace naopak ovlivňují rozsah použitelného obrazového pole. K fotografii oblohy pro velmi speciální účely lze využít velmi světelné komory do světelnosti 1:1, přitom průměr jejich vstupní pupily 20 centimetrů je již nepřekročitelný. Exmpláře tohoto typu byly vyrobeny v počtu několika kusů, v praxi se však ukázaly jako velmi úspěšné. Např. během pěti až sedmiminutových expozic se jimi bezvadně zaznamenají velmi slabé mlhoviny, v protikladu k původním expozicím až několikahodinovým, snímaným astrokomorami menších světelností přes využití i těch nejcitlivějších fotoemulzí.

Spektrografie vyžaduje typickou potřebu velmi účinné registrace světelných paprsků. Je tomu tak pro značnou disperzi zpracovávaného světla do širokých oblastí vlnových délek. To představuje, v závislosti na spektrálním rozlišení difrakční mřížky, i pranepatrná světelná kvanta a proto je nezbytný jejich co nejefektivnější záznam. Uplatnění při tom našly světelné Schmidtovy komory o účinném otvoru pod 10cm, jež lze jako spektrografické maloprůměrové komory vyrobit až po světelnost 1:0,3 potud, užijeme-li vhodnou technologii jejich výroby z jediného bloku skla. Oproti běžným Schmidtovým komorám stejných optických parametrů, je přitom hodnota světelnosti celoskleněných komor úměrná čtverci indexu lomu skla. Ohnisková plocha je u takových modifikací umístěna do oblasti skleněného prostředí a přístup v ní se řeší rovněž nezvykle. Popis kompaktních skleněných Schmidtových komor tak speciálního zaměření naleznete u Bakera[10] a Hendixe[20].

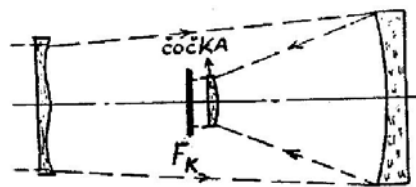
VI.3. Schmidtova komora s pomocnou čočkou a s rovným obrazovým polem.

V úvodu jsme již naznačili, že Schmidtova komora má, i přes své velké přednosti při provozním nasazení, své nepopiratelné nevýhody, způsobující za některých situací již značné potíže. Jde o:

- sklenutí pole
- zpravidla značnou stavební délku, omezující praktickou světelnost nad 1:3,5
- asférickou plochu, nezbytnou k vytvoření adekvátní korekční desky.

U menších a méně světelných komor lze potíž se sklenutým polem zvládnout nejsnadněji deformací filmu, je-li jeho emulze nanášena na tlustší nosnou fólii (asi dvě desetiny milimetru). Využíváme tah filmu, působící přes okraj úmyslně „zakřiveně“ vyrobené kazety. Film se fixuje obvykle přitlakem v místech jejího okraje a tak se prokáží skvělé schopnosti těsného tahového přilnutí jeho foliové tloušťky k tvaru žádané plochy. Po svém uvolnění a vyjmutí z kazety se film vratně vyrovnává. Podobně jsou deformovatelné i speciálně tenké skleněné fotografické desky. Metodika je lehce použitelná i u velmi světelných komor 1:1, s vstupní pupilou dvanáct centimetrů. Zvětšíme-li průměr stejné světelnosti na dvacet centimetrů, pak uvedené deformace emulzí selhávají. Zcela shodně tomu tak bývá v případě užívání rozměrnějších filmů u všech velkých astrokomor. Jednoduše lze nahlédnout, že právě tato mnohostranně významná záležitost často vyvolávala snahy o spásu v nalezení vhodných způsobů pro narovnávání originálně zakřiveného obrazového pole. Pochopitelně, a nutně, však jen takových, aby se při nich jakost obrazu v rozsahu celého obrazového pole znatelně nezhoršovala.

NAROVNÁNÍ POLE PLANKONVEXNÍ ČOČKOU



Obr.80

Umístíme-li vhodnou plankonvexní čočku poblíž ohniska Schmidtovy komory způsobem naznačeným na obrázku 80, můžeme lehce docílit požadované řešení. Nutno zde však říci popravdě, že takto zavádíme do systému, žel, nové typy v něm dosud nepřítomných aberací. O teorii, i o nalezení způsobu maximálního snížení oněch nových aberací, se zasloužili E. H. Linfoot a P. A. Waymann [7].

Přidáním plankonvexní desky se především ještě dodatečně zvětšuje chromatická vada, sama o sobě největší bolest Schmidtovy astronomické komory a podobnou „čočkou“ se vnáší do diskutovaného optického systé-

mu rovněž i malá koma. Její přiměřené zmenšení, aby již nenarušovala symetrii obrazů hvězd, se dá obvykle redukovat mírným posunem korekční desky, směřujícím k zrcadlu. Nemůžeme však nijak *a priori* zvrátit existující obavu z toho, že uvedená redukce komy, i přes malý přesun korekční desky, může působit na aktuální velikost obrazu a následně tak znehodnocovat výsledky astrometrických prací, prováděných s takto získaným fotografickým materiálem. Prověření vzniklé změny situace se proto ukazuje jako nezbytné. Další vylepšení lze získat i tím, že samotnou Schmidtovu komoru zmodifikujeme tak, aby nám, ve spojení s plankonvexní čočkou jež zakřivené obrazové pole má vyrovnávat, dávala nový, a to co nejdokonalejší, optický systém. Vhodnou modifikací korekční desky zde máme na mysli mírný přesun polohy neutrálního pásma korekční desky z jeho teoretické polohy ve směru k okraji. Uvedený zásah má dopad na značné snížení chromatické vady u nového optického systému. Ta v původním optickém systému sice narůstá, avšak za plankonvexní čočkou nového systému se prakticky skoro vyrovnává až na hodnotu, obvyklou pro originální návrh Schmidtovy komory (nejedná-li se ovšem o případ světelnosti vyšší jak 1:3). Aberace jsou tu jen o něco větší a snad jen výskyt malé komy může být během pozičních měření rušivějším efektem.

Poloměr křivosti konvexní plochy čočky, vyrovnávající obrazové pole, počítáme s využitím vzorce

$$r_1 = \frac{n-1}{n} \cdot f \quad (\text{VI.3.1})$$

kde n je index lomu skla čočky a f je ohnisková vzdálenost komory.

Teoreticky by měl ležet ostrý okraj plankonvexní čočky v zakřivené obrazové ploše originální komory. Za dodržení této podmínky se ohnisková rovina celého systému shoduje s planární plochou u čočky, vyrovnávající obrazové pole. Praktická provedení však nutí přiznat této čočce jistou tloušťku na jejím okraji, což se nepříznivě promítá na užitnou velikost obrazového pole. Nezbyvá proto rozumnější možnost, než sotva znatelné přesunutí rovné plochy čočky korektoru ve směru k zrcadlu. To příjemně spojí praktickou potřebu k oddálení emulze, snižující tak ostatně pravděpodobnost poškrábání planární plochy vyrovnávací čočky, v době životnosti komory nesčíslněkrát k ní přitlačovanými emulzemi fotografických desek. Ohnisková rovina adaptovaného systému se pak zpravidla nachází jen pár desetin milimetrů za planární plochou vyrovnávací čočky obrazového pole, a to ve vzduchu. Při tak nepatrném oddálení od planární plochy korektoru, zůstává obrazové pole kamery ve své kvalitě prakticky neovlivněné.

Přesun korekční desky ve směru k zrcadlu je v tomto případě délkově roven hodnotě

$$\Delta_{kd} = \frac{11}{3} \cdot \frac{(n+1)}{n^2(n-1)} \cdot R c^2 u^2 \quad (\text{VI.3.2})$$

kde $u = h/R$ a $c = 2F \cdot \sin \Phi_0$, přitom $2\Phi_0$ znamená úhlový průměr obrazového pole, h je poloměr vnějšku korekční desky, n je jako obvykle index lomu skla vyrovnávací čočky a F ohnisková vzdálenost kamery.

Praxe odhalila zdroj výrazně rušících reflexních obrazů hvězd právě v oné plankonvexní čočce [15], pro případ velmi blízkého přístavení k ohnisku. Zmíněné reflexy jsou pak neodstranitelné, dokonce ani pokrytí ploch čočky antireflexními vrstvami nepomáhá. Tato zkušenost ovlivnila zpětný návrat řady pozorovatelů k originální Schmidově koncepci astrokomory, i přes výše kritizovanou vlastnost jejího zakřiveného obrazového pole.

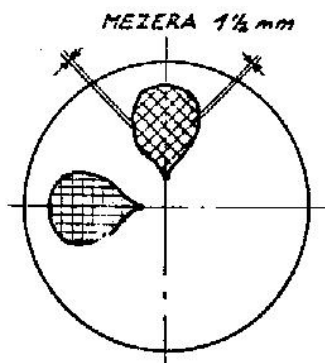
VI.4. Praktické sestrojení Schmidovy korekční desky.

V počátku předpokládáme, že nám jde o sestrojení korekční desky pro hodnotu parametru $k = 1$. Příslušně spočtené hodnoty ze zadaných vstupních údajů x a y sestavíme do tabulky a hodnoty x odměřujeme s krokem půl centimetru. Vycházíme tedy z planární desky, jemně obroušené po obou stranách. Relativní tloušťka korekčních desek se volívá mezi jednou pětadvacatinou až jednou padesátinou jejího průměru. Je samozřejmé, že tenčí korekční deska vyžaduje během svého opracovávání pozornost o to soustředěnější. Stejně tak je nesporné, že během broušení nelze se snažit jinak, než neovlivňovat střed i okraj asférické optické plochy korekční desky broušením, a proto tedy tak, aby její prohloubení, za měření mimo jejich oblasti, ve středu, přesně též i odpovídala námi předem vypočteným hodnotám. Originální Schmidovu metodu přesného statického předehtnutí původní planoparalelní korekční desky podtlakem vzduchu, způsobovaného vývěvou, pracující v nádobě přiléhající k jedné z

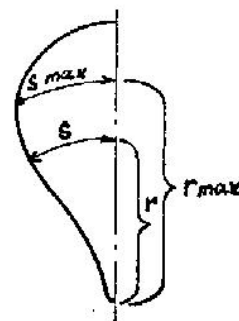
planárních stran korekční desky, nevyužijeme. Sama o sobě není dost přesná, navíc je amatérsky nepoužitelná. Využijeme metodu H. W. Coxe, zcela logickou i přirozenou.

Zde rozepíši svou vlastní modifikaci původní Coxovy metody, i vlastní rozsáhlé zkušenosti s ní. Především proto, že od Coxe jsem přejímal jen ty jeho nejzákladnější myšlenky. Jeho hlavní zásadou bylo: vlastní obroušující se plochy musí se během procesu nutit samy ke svému účinku, při vzájemně doplňkové tlakové konfiguraci sil na brousící, či leštící, médium. Jelikož plocha korekční desky je celostního tvaru, musí být plocha brousící a leštící misky rozsegmentovaná, i brusně aktivní části jejich mezikruží musí být plošně úměrné žádanému efektu zbrusnění skla v konkrétním mezikruží asférické plochy desky.

Brusně aktivní část misek tvoří proto čtvercová sklíčka, nalepená na kotouč z pružné gumy mechovitěho typu ve zcela jistém „ornamentu“ a gumový kotouč sám je smolou uchycen k rovné kovové desce. Tak vzniká dosti pružná, přitom však i dostatečně tuhá „brousící miska“, ovlivňující „požadovaný“ efekt vzniku asférické plochy korekční desky cíleným přitlakem. Vysvětlení si přiblížíte rozбором obrázku 81. Především je třeba spočítat tvar křivky vnější hranice sklíčky polepených ploch. Tu jsem nazval „konstrukční křivkou asférické plochy korekční desky“. Lehce ji sestrojíme podle obr. 82: na tenkou lepenku si nakreslíme ty ze soustředných kruhů, které vymezují mezikruží s vzrůstajícími poloměry od středu, tj. nula, až po skutečný poloměr h námi vyráběné korekční desky. Vedme dva vzájemně kolmé průměry a v místě jejich průseku s každým z kruhů o poloměru r naneste oboustranně na kruh oblouky o délce



Obr.81



Obr.82

$$s = s_{\max} \frac{\Delta}{\Delta_{\max}} \frac{r}{r_{\max}} \quad (\text{VI.4.1})$$

Za $s_{\max}$ zde volíme asi jednu desetinu obvodu kruhu o poloměru $(h/2)\sqrt{2}$, kde h je poloměr korekční desky, tak, aby se čtyři tyto křivky vzájemně neprotínaly. Přitom pochopitelně je $r_{\max} = (h/2)\sqrt{2}$ a $\Delta_{\max}$ je zřejmě buď z námi předběžně vypočtené tabulky (jde o maximální hloubku výbrusu pro $r_{\max}$), anebo je můžeme získat též dosazením hodnoty $x = r_{\max}$ do rovnice křivky (VI.2.1).

Tímto postupem získanou křivku listovitěho tvaru na tenké lepence pak vystříhneme proto, abychom si ji obkreslili později na gumový kotouč, avšak ještě před nalepováním sklíček. Ta jsme si již z obyčejného tabulového skla nechali sklenářem nařezat na čtverečky rozměru 12×12 milimetrů, případně do formy skleněných proužků o šířce dvanácti milimetrů, jež si včas rozřežeme sami řezacím kolečkem na sklo.

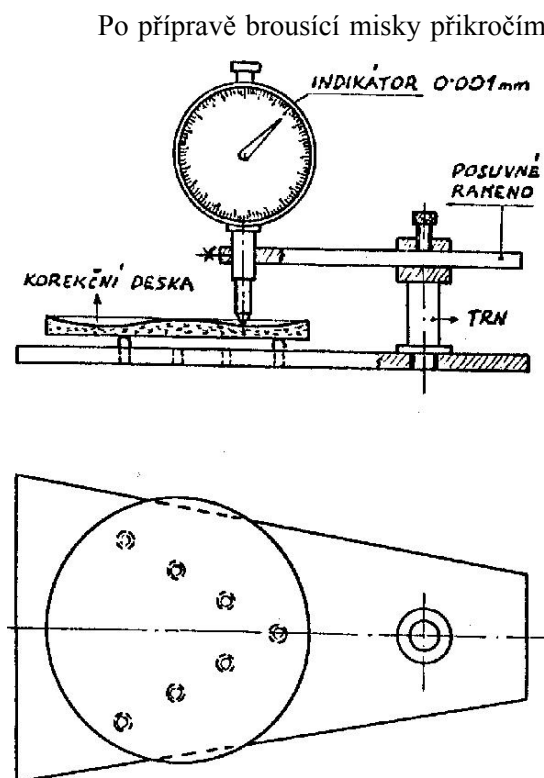
Sklíčka vyperte v benzínu, osušte. Připravte směs 50% pravého šelaku a 50% pravé kalafuny, opatrně ji roztavte a za horka jí přetřete kotouč pórovité gumy pomocí dostatečně zahřátého kovového kotouče.

Povšimněme si tohoto procesu blíže. Zpočátku jsem se snažil zmíněná sklíčka lepit, do obrazců uzavřených konstrukčními křivkami, pomocí smoly, avšak bezúspěšně. Sklíčka se relativně často odlepovala během broušení a proto jsem si musel hledat vhodnější lepidlo, abych takové jejich chování zamezil. Až jsem jako vhodnější našel výše uvedenou směs šelaku a kalafuny. Nicméně až později poté objevily se v prodeji atraktivní epoxidové pryskyřice. Nepochybuji o nich, že jsou schopny fixovat sklo na gumě natolik pevně, že přes značný smykový odpor sklíček během broušení se ta od ní nebudou odlepovat. Poměrně drobné sklíčko bývá totiž během broušení vydáváno napospas značným bočním tlakům. Dosud se mně nenaskytla příležitost s těmito pryskyřicemi pracovat. Mezitím jsem totiž objevil způsob výroby značně velkých i světelných korekčních desek pouhým leštěním, ten zde později ještě popíši¹. Dodávám již jen, že mou směs, vhodnou k lepení sklíček na gumu, je nezbytné aplikovat za horka a s jistým švihem, tedy nutně značně rychle a s patřičným fortem.

Popisovanému způsobu broušení sklíčky se však nikdy nevyhneme u extrémně světelných, či rozměrných korekčních desek, např. u všech velikostí při světelnosti 1:1, a u světelnosti 1:2 již od průměru korekčních desek nad třicet centimetrů. Při procesu lepení vezmeme každé sklíčko do pinzety, a ponoříme je do horké směsi kalafuny s pravým šelakem tak, aby se směs přichytila jen na jediné straně sklíčka a tou dané sklíčko ihned při-

¹ žel, Kozelského kondenzace Gajduškových makulářů na manuskript již neuspěla ve znovuobjevení onoho nepopsaného umu! Pozn.rev.

tlačujeme k nosné gumě. Pracujeme, jak již bylo zdůrazněno, relativně rychle a na obrysovém kraji konstrukční křivky uštípnutím kleštěmi upravujeme okrajová sklíčka tak, aby se jimi pokryla celá plocha vyznačená konstrukční křivkou sice přibližně, avšak co nejdokonaleji, jak je to jen možné. Dobře je to vidět na obrázku 81, stejně jakož i to, že mezi sklíčky je účelné ponechávat pravidelnou jednoapůlmilimetrovou mezeru. Je pochopitelné, že vnější plochy nalepených sklíček, v okamžiku skončení našeho nalepovacího procesu, ještě nemohou vytvářet rovinnou plochu. Proto v závěru položíme na sklíčka železný či hliníkový kotouč s jednou stranou co možná hladce, ale především přesně osoustruženou. Návazně poté postavíme na kotouč velký hrnec naplněný vařící vodou tak, aby přesahoval svým půdorysem brousící misku. Vše ponecháme po několik hodin v klidu. Ani poté nebudou povrchy sklíček v jedné rovině, jak se můžeme přesvědčit ostatně pomocí šikmého odrazu jasného předmětu na nich. Závěrem za mírného tlaku zabrušujeme sklíčka karborundovou frakcí číslo 100 a to tak dlouho než nezmizí všechna lesklá místa na jejich aktivním povrchu. Konečně přebrousíme plochy karborundem 400, opět pod mírným tlakem. Výsledek musí dát, pro šikmý odraz, vcelku vzhled obrazu „tvaru plochou dokonalé a zcela spojitě vykreslené mozaiky“.



Obr. 83

obojím. K dosažení správného stavu je nutné sklo brzdít prstem kvůli tomu, aby se otáčení misky zrychlilo a bylo tak i dostatečně rovnoměrné. Malé nerovnoměrnosti se vyrovnají, proto komory po vyleštění nemívají ani náznak astigmatismu. Automatické přibrzdňování, založené jen na tření, neaplikujte. Tření svou velikost totiž, obvykle zanedlouho od zahájení práce, změní. Bez náležité pozornosti a předvídatosti se však neobejdeme.

Hloubku výbrusu kontrolujeme měřeními. Pro ně je zapotřebí sestavit odpovídající přeměřovací přístroj, znázorněný je na obrázku 83, v jehož spodní části vidíme základní desku při pohledu shora. Do ní je vyvrtána řada stejných otvorů osazených tak, aby do nich umístěné ložiskové kuličky vyčnívaly nad rovinou desky do stejné výše. Po trnu lze posouvat masivním měřícím ramenem, osazeným tisícinovým indikátorem s minimální možnou vůlí tak, aby bylo v potřebných polohách fixovatelné. Podle velikosti spočívá korekční deska na třech ložiskových kuličkách a v průběhu měření jí po kuličkách opatrně posouváme tak, aby bylo možné proměřit hloubky ve vzdálenostech rostoucích s půlcentimetrovým krokem. Začínáme měřit půlcentimetru od okraje, neboť zhruba zpravidla až sem dosahuje zbrúšený okraj, jež nutně musíme začloňovat objímkou. Nejdříve se každý musí naučit s indikátorem měřit a tak si nalézt svou vlastní a vyhovující metodu. Po dosednutí kolíku indikátoru poklepejte vždy na rameno mírně tužkou. Dobrý indikátor nám jakžtakž ukáže rozdíl jedné tisíciny milimetru v hloubce. Jde o přístroj míň přesný než bývá dobrý sférometr. Proto bývá vyhovující i změření hloubky korekční desky sférometrem. Nutnou konstrukci zařízení ponechám na čtenáři samotném. Měření indikátorem je však rychlejší a měřící zařízení též i jednodušší.

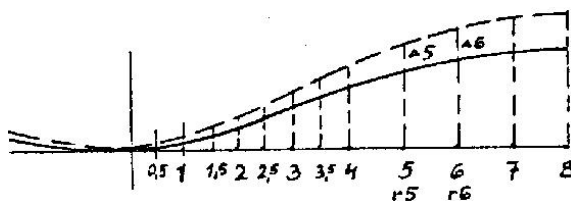
Před měřením je zapotřebí určit dvě protilehlá místa okraje korekční desky o stejné tloušťce. Korekční desky bývají i klínovité. Změříme-li hloubku ve středu spojnice těchto míst, pak difference dvou, tří mikronů nebývají na závadu. Z důvodů kvalitního měření bývá dobré, je-li tloušťka uprostřed shodná s tloušťkou v protilehlých místech, i když malá konvexnost či konkávnost obou ploch desky v zásadě nevadí.

Během proměřování korekční desky narazíme takřka zákonitě na skutečnost, že zatímco vůči základnímu bodu korekční desky, vzdálenému půl centimetru od okraje, již prohloubení minimální zóny desky dosahuje, či ji již o něco přesahuje, přesto dosud jeho správná hodnota oproti středovému bodu korekční plochy nebývá ani zdaleka dosažena. Vyplácí se spočítat si to, o č by se její tloušťky změnily, a na těch záleží prvořadě, kdybychom desku opatřili korekční stranou mírně konkávní, namísto originálního planárního tvaru. Tloušťky minim vůči vrcholu by se zmenšily, tloušťky minim vzhledem k okrajovým tloušťkám by se naopak zvětšily. Za předpokladu minim vzdálených o $(h/2)\sqrt{2}$ od vrcholu, byly by potom stejné úbytky tloušťky ve středu desky a jejich zvětšení u obvodu. Víme-li, že deska naší přípravou asférické strany na mírnou konkavitu na konci procesu svého broušení dobře vyhoví, jistě se nám i vyplatí ji, jako takovou, připravit.

Malá konkavita korekční desky nemá jistě na výkon naší optiky nejmenší vliv. Po určité době broušení korekční desky závisí její tvar rovněž i na tom, nachází-li se během broušení nahoře či dole. Tento vliv je zapotřebí bedlivě vyzorovat z toho, zvláště u tenkých desek se značnou deformací, jak se obě výšky vůči minimu průběžně mění a tuto znalost, v zájmu průběhu dalšího broušení, patřičně pružně i využívat.

VI.5. Retuš korekční desky broušením.

Obvyklou vlastností korekčních desek, především velmi světlých astrokomor, a tedy výrazně deformovaných, je, že jejich meridiální křivka asférické plochy bývá správná od obvodu po minimum, nicméně že jejich střední partie jsou přes míru vyvýšeny. To je situace, za níž aplikujeme retuš. Činily-li by naměřené difference řádově jen nemnoho mikronů, pak disproporci lze napravit až po vyleštění korekční desky, a to retuší leštěním - tu popíšeme později. Je-li však tato difference přeci jen až příliš velká, nezbývá nám než ji korigovat pomocí retuše broušením. Před samotnou retuší leštěním si vykreslíme křivku korekční desky ve vhodném měřítku na papír (viz obrázek 84), a to jaká by teoreticky měla být (na obrázku je znázorněna čárkovaně), i jaká ve skutečnosti z tvaru měření vychází (plynulou čarou přimykající se hladce k naměřeným hodnotám). Příslušné difference Δ_1, Δ_2 , atd. pak vynásobíme příslušným poloměrem r_1, r_2 , atd., na měřítku nezáleží. Součiny $\Delta_1 \cdot r_1, \Delta_2 \cdot r_2$, atd., pak vynásobíme vhodným faktorem a nanese je na kružnice o poloměrech r_1, r_2 , atd., jako oblouky ve směru na obě strany od obou vzájemně kolmých průměrů stejně tak, jak jsme to činili s konstrukční křivkou.



Obr.84

Získáme tak čtyři křivky a podle nich zhotovíme novou „brousící misku“ určenou k retuši. Je velmi vhodné zhotovovat ji ze sklíček 5×5 milimetrů, a s asi jednomilimetrovou mezerou mezi nimi. Kvůli usnadnění práce nedělejme šířku křivky velkou, tím více však dbejme o to, aby vzájemné otáčení desky vůči brousící misce bylo tak rovnoměrné, jak je to jen možné.

Během retuše vykonáváme asi tak krátké pohyby, jak to bývá obvyklé během leštění, či ještě kratší, a velmi často výsledek proměřujeme. Zanedlouho zjistíme, že zóna ležící 0,5 centimetru o minima se již vysprávil, případně, že se tak děje i s případnými dalšími zónami. V tom případě odstraňujeme příslušná sklíčka tak, aby pokračující retuš vybrušovala pouze vystouplé zóny. To byl hlavní důvod určující původně zmíněné rozměry sklíček i mezer mezi nimi na počátku našeho popisu retuše broušením. Jde přitom o způsob umožňující dostatečnou záruku vývoje přibližně správné asférické plochy Schmidovy korekční desky. Je přirozené, že právě popsaným způsobem vznikají úzké zóny. Jejich úplné odstranění, či snižování na únosnou míru, potom uskutečňujeme prostřednictvím leštění.

VI.6. Leštění asférické plochy korekční desky.

Jelikož naše broušení probíhalo velmi jemnou frakcí smirku, nic nám nebrání v tom, abychom mohli okamžitě přistoupit k leštění. Nelze upřít, že při broušení pod velkým tlakem není možné obecně zamezit vzniku

několika velice jemných škrábanců na asférické ploše, ale s tím je nutné se smířit. Škrábance zřejmě mají nejpravděpodobnější původ v nemnoha odštípnutých částech skla od brusných sklíček při průběhu brousícího procesu. Snad jedny se přitom odbrousí, další naopak čerstvě vzniknou. Ani jsem se nikdy nepokusil brousit prostřednictvím čtverečků oloveného plechu namísto skleněných, podle rad Coxe. Snad by při tak jiném druhu misky škrábance ani nevznikaly, technicky je však velice těžko proveditelná. Obzvláště by jistě přitom byl sám proces zabrušování „misky“ neúměrně dlouhý, ba snad by se olovené čtverečky, zcela nejpravděpodobněji, samy většinou odlepovaly, když Cox je doporučuje nalepovat kličem. Ten jsem, jako lepidlo, vyzkoušel též, aniž bych od něj cokoli mimořádného očekával. Klič účinkem vody totiž nabobtnává. Brousit v jiném stavu než za mokra ale nelze a pro to mne klič naprosto zklamal v roli lepidla, zcela ve smyslu mých realistických očekávání.

VI.7. Wrightova komora.

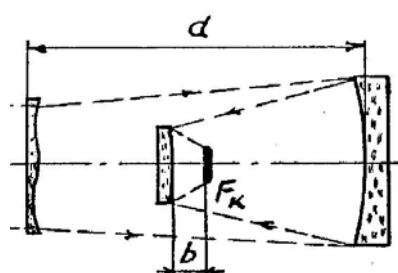
F.B. Wright [9], a na něm nezávisle i Väisälä [21], popsali optický systém, komponovaný ze zrcadla a korekční desky, vyznačující se ale navíc rovinným obrazovým polem. Zrcadlo v něm má tvar zploštělého rotačního elipsoidu, čili sféroidu, se stejně velkou odchylkou od přesné kulové plochy, jakou je i odchylka paraboloиду od sféry. Narozdíl od ní je však chápána v opačném smyslu. Korekční deska se nalézá přibližně v ohniskové rovině zrcadla a proto je při stejné ohniskové vzdálenosti stavební délka této optické konstrukční modifikace poloviční k té, již vyžaduje originální Schmidtova konstrukce. Tvar korekční desky je podobný klasickému Schmidtovu řešení, jeví se však deformovanější. A to zcela přirozeně v důsledku logiky skutečnosti, že odpovídající korekce příslušné kulové vady se musí uskutečnit ve Wrightově modifikaci již přibližně na poloviční délce té dráhy, již světelné paprsky u originálního řešení „v poklidu doputují“.

Wrightova komora trpí především astigmatismem, který, jak se prokázalo, roste se čtvercem kolmé vzdálenosti obrazového bodu od optické osy. Především proto pak dochází u této modifikace komory k nezbytnému, i poměrně strohému omezení úhlového rozměru obrazového pole. To znamená, že ani u komor se vstupní pupilou 20centimetrů nelze dosáhnout vyšší světlosti Wrightovy komory, než činí hodnota 1:4. Oproti Schmidtovu klasickému typu je navíc tato svízel doprovázena vcelku značně ztíženými nároky výroby. A tak se, přirozeně, nelze divit ani tomu, že Wrightův typ astrokomor nenalezal v praxi sobě vlastní a vhodná uplatnění, ba ani skutečnosti, že podle uvedené koncepce byly vyrobeny již jen dvě menší komory. Pro nerozšíření se blíže tímto typem zabývat ani nebudeme a zájemce odkazujeme přímo na příslušnou literaturu [9], [21].

VI.8. Schmidt - Cassegrainovy optické systémy.

Mimo Wrightovo řešení astrokomory, s korekční deskou u jejího ohniska, existuje pochopitelné řešení, odvozující řadu komor na bázi asférického primárního zrcadla, využívajícího korekční desku, umístěvanou do různých vzdáleností od něj. Ukazuje se, nicméně, že žádný optický systém, tvořený zrcadlem a jednou či více korekčními deskami, nevykořeňuje výskyt astigmatismu, lpíme-li zároveň na splnění planarity obrazové plochy.

Jediné řešení, splňující tuto potřebu, spočívá ve vhodném dimenzování optického systému dvou zrcadel,



Obr. 85

ovlivněného v závěru individuální korekční deskou, odstraňující nejen jeho sférickou vadu, ale též i koma všech řádů. V rámci optiky třetího řádu se ovšem připojuje nutnost eliminace i jeho astigmatické aberace, v relaci k uspokojivému splnění prvotního požadavku, tj. rovinnosti obrazového pole. Ukazuje se tu, že teorie zaručuje existenci nekonečně mnoha systémů, vyhovujících takto praxí diktovaným podmínkám. Ono vyhovění plyne z faktu, že dva z uvažovaných optických, a tím i klíčových, parametrů, jsou vždy zadatelné předem. Jejich roli tradičně přebírají délkové parametry: vzdálenost korekční desky od primárního zrcadla d a poloha ohniskové roviny vůči sekundárnímu zrcadlu b (viz obr.85). Všechny nám zbývající ve-

ličiny, stanovující takto udaný optický Schmidtův-Cassegrainův systém, jsou pak funkce, vyjádřitelné oběma klíčovými parametry. Splnění podmínky planarosti obrazového pole si navíc žádá shodu absolutních hodnot poloměru křivosti obou zrcadel, vynucujících si tu jejich relaci, že hlavní zrcadlo musí být konkávní. Sekundární zrcadlo potom musí být konvexní a polohově je předurčeno do pozice mezi ohniskem a vrcholem zrcadla primárního. Vztahy veličin jsou poměrně složité, my proto odkazujeme jen na literaturu [11] a [13]. Navíc, z teorie těchto systémů vypracované J. G. Bakerem [11] a E. H. Linfootem [13], pro danou korekční desku, vyplývá do-
datečně i nezbytná asféricita meridiální křivky plochy některého z obou zrcadel.

Tím jsme se zde dostali k realistickému závěru: *očekávání technologicky výhodného typu anastigmatu, zachovávajícího kulovost ploch obou zrcadel, je nereálné. Alespoň jedno z obou aplikovaných zrcadel musí, a to nezbytně, být asférické!*

Stran výkonu těchto dvouzrcadlových anastigmatů, nazývaných zde dále *Schmidt-Bakerovými optickými systémy*, lze podtrhnout jejich celkovou přibuznost k originální Schmidtové konstrukci, snad s výjimkou tvořenou konstrukcí velice světelných anastigmatů (tj. hodnoty $A \sim 1:1$), tedy: Schmidtův originál vyniká vůči Schmidt-Bakerovým optickým systémům předností vysoké úrovně symetrie svého schématu. Upozorníme výslovně na to, že Schmidt-Bakerovy verze trpí vyšší úrovní chromatické aberace, což způsobuje vyšší deformovanost korekčních desek pro kratší dráhu paprsků, délkově vymezenou pozicí korekční desky v okolí fokusu primárního zrcadla a efektivní ohniskovou rovinou obou zrcadel. Vůči Wrightově modifikaci je dráha přec jen delší, ujaly se proto lépe.

V úvodu k této kapitole jsme na str. 97 a 98, a na obrázku 76, uvedli čtyři hlavní typy Bakerových komor [11], spolu s jejich bližším rozbohem. Hlavní nevýhodou jsou značné světelné ztráty, jež způsobuje nezbytnost velkého sekundárního zrcadla (činí zhruba 35%), vynucující si náchyllost Bakerových typů k výrazné vignetaci obrazového pole. Při praktickém provedení se korekční deska navrhuje proto zhruba shodného průměru s primárním zrcadlem. U těchto typů se tak nevyhneme umísťování, ve vhodné pozici zhruba vprostřed mezi korekční deskou a hlavním zrcadlem, i příslušně dimenzované clony. Větší korekční deska citelně znáročňuje jejich výrobu, hlavní zrcadlo se oproti klasické Schmidtové konfiguraci nicméně využívá efektivněji. Širší nasazení Schmidtovy-Bakerovy komory bylo „nabílední“, což stvrdil rychlý náběh velké komory tohoto typu v USA.

E. H. Linfoot [13] vypracoval obecnou teorii Schmidtových-Cassegrainových systémů. Kromě anastigmatů, Bakerem již popsanych, lze se ještě zmínit i o dalších zajímavějších systémech: *Monocentrické systémy* s hlavním i sekundárním zrcadlem o tvaru koncentrických koulí, vybavené ve společném středu korekční deskou, jsou svou povahou sice anastigmatické, jejich pole je však nutně zakřivené. V praxi proto rozsáhlejší uplatnění nenalézají. *Aplanatické systémy* jsou hodnotné systémy o rovném obrazovém poli. U nich je astigmatismus natolik malý, že v praxi význačnější roli téměř nehraje. Obě zrcadla jsou pak kulová.

Již kritizovanou úroveň chromatické vady Schmidt-Bakerových komor lze zredukovat achromatickou korekční deskou, slepenou rovnými plochami korunové i flintové desky k sobě. Linfoot našel i pozici obou korekčních desek. A s rovným obrazovým polem tak dostal i plnou achromázii a anastigmatismus šetřené soustavy.

Achromázie korekční desky ztěžuje výrobu, zesiluje vady vyšších řádů. Narušuje původní symetrii vůči středu křivosti primáru, tj. jde proti přirozenosti Schmidtova nápadu. Též významně výrazná absorpce flintovým prvkem pro UV-oblast spektra zrovna nepotěší, a tak se achromatické korekční desky v praxi neujaly.

VI.9. Schmidt - Bakerovy komory s rovným obrazovým polem.

Tyto komory, patřící mezi tzv. Schmidt-Cassegrainovy systémy, sestávají ze dvou zrcadel o stejných poloměrech křivosti a z korekční Schmidtovy desky. Obrazové pole je rovinné a netrpívají vadou otvorovou, komou všech řádů, ani astigmatismem řádu třetího. Primár je dutý a sekundár vypuklý. Jedno ze zrcadel se v závěru výroby figuruje a stává se tím asférické.

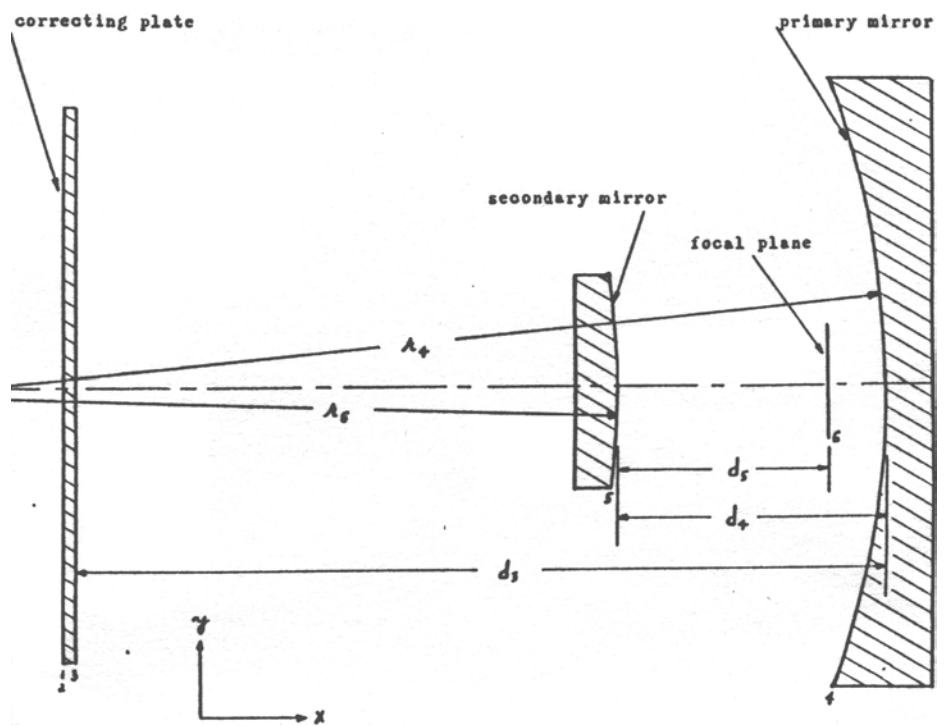
Teoreticky existuje nespočetný počet těchto systémů, ale prakticky využitelný je pouze typ s hlavním zrcadlem tvaru mírného sféroidu a se sekundárem tvaru konvexní sféry. Korekční Schmidtovu desku dáváme před sekundár, tím získává větší deformaci oproti původnímu Schmidtovu řešení. Fotografická emulze je mezi zrcadly, a to blíže primáru. Výhodou komory je ekonomie hlavního zrcadla, krátký tubus a rovinný obraz. Zápory jsou ve ztrátách světla na přec jen velkém sekundáru a též i v deformovanější korekční desce.

Komoru tohoto typu, jsem sestrojil při jednatřiceticentimetrových průměrech zrcadla i korekční desky a s efektivním průměrem rovným průměru vnitřního mezizrcadlového odclonění čtyřiadvaceti centimetrů. Má tři-čtvrtěmetrové výsledné ohnisko¹. Clona udávající efektivní průměr je bezpodmínečně nutná, jde-li nám o dosažení maximálního obrazového pole nezasazeného zjevnější vignetací. Všechny parametry jsou zřejmé z Bakerova článku (viz níže přejatý obr.86) [11], tam jsem vše související s výrobou i konstrukcí modifikace čerpal. Byl jsem šokován její vizuální využitelností nad stonásobné zvětšení. Bohužel, jak ona, tak i řada některých jiných

¹ viz podčárník 1 str.131: nutno dodat, že diskrepance zde uvedených 750mm, k jinde chýrným, mluví v prospěch konstruktéra. Pozn.rev.

mých beztak slušných optických produktů, leží až dosud nečinná, tedy nesmontovaná.

Pár čtenářů projevovalo hlubší zájem o Bakerovy modifikace Schmidovy komory. Literatura zaslaná mně laskavě panem Dr. Zdeňkem Kopalem, díky Harvard College Observatory, je pro nás samozřejmě nedostupná¹. Cituji z ní rovnice k výpočtu všech veličin konstrukce oněch komor (viz obr.86). U všech rovnic platí relativizovaná jednotková efektivní ohnisková vzdálenost optického systému. K výpočtu konstant systému voliváme d_5 , tj. paraxiální distanci kazety k sekundáru. Vzdálenost dvojice našich zrcadel pak je:



Obr.86

$$d_4 = (1 - d_5)^2 \quad (VI.9.1)$$

Poloměr křivosti obou zrcadel ve vrcholu je týž:

$$r_4 = r_5 = -2(1 - d_5) \quad (VI.9.2)$$

r_4, r_5 označují oba poloměry křivosti. Dále platí:

$$A = \alpha_1 + \beta_1 \cdot S_5 + \gamma_1 \cdot S_4 \quad (VI.9.3)$$

$$B = \alpha_2 + \beta_2 \cdot S_5 \quad (VI.9.4)$$

$$C = \alpha_3 + \beta_3 \cdot S_5 \quad (VI.9.5)$$

$$D = \alpha_4 + \beta_4 \cdot S_5 \quad , \text{ kde} \quad (VI.9.6)$$

$$\alpha_1 = \frac{1+2 \cdot d_5 - d_5^2}{8 \cdot (1-d_5)} \quad , \quad \beta_1 = +8d_5^4 \quad , \quad \gamma_1 = -8$$

$$\alpha_2 = \frac{6+6d_5-12d_5^2+3d_5^3}{8(1-d_5)} \quad , \quad \beta_2 = +24d_5^3(1-d_5)^2$$

$$\alpha_3 = -\frac{3}{2} - \frac{3}{2}d_5 + \frac{15}{8}d_5^2 - \frac{3}{8}d_5^3 \quad , \quad \beta_3 = +24d_5^2(1-d_5)^4$$

$$\alpha_4 = \frac{10+d_5-13d_5^2+7d_5^3-d_5^4}{8} \quad , \quad \beta_4 = +8 \cdot d_5 \cdot (1-d_5)^6$$

¹ Tato zázilka po smrti pana profesora Gajduška vzala zasvě. Naštěstí se však ukázalo, že zde citovanými pracemi disponuje oddělení periodik knihovny Ondřejovské observatoře, které mně umožnilo nalézt všechny v manuskriptu použité vzorce jako precizně, tj. bezchybně uvedené. Pozn.rev.

Veličiny A , B , C a D obsahují dvě neznámé S_4 a S_5 . Jejich význam je následující. V systému souřadnic, naznačeném na obrázku 86, bud' te' rovnice rozvoje i -té plochy v okolí jejich vrcholu

$$x_i = a_i \cdot y_i^2 + b_i \cdot y_i^4 + \dots \quad (\text{VI.9.7})$$

Potom platí

$$a_i = \frac{1}{2r_i},$$

kde r_i je poloměr křivosti ve vrcholu příslušné i -té plochy. Je-li i -tá plocha sférická, je potom $b_i = a_i^3$. Veličina S_i pak představuje odchylku od kulové plochy, proto pro osový řez asférické plochy platí

$$x_i = a_i \cdot y_i^2 + (a_i^3 - S_i) \cdot y_i^4 + \dots \quad (\text{VI.9.8})$$

a proto je

$$b_i = a_i^3 - S_i. \quad (\text{VI.9.9})$$

Navíc je nezbytné splnění rovnic

$$C + B \cdot d_3 = 0 \quad (\text{VI.9.10})$$

$$B + 3 \cdot A \cdot d_3 = 0, \quad (\text{VI.9.11})$$

takže pro každou zvolenou hodnotu za d_3 obdržíme určité hodnoty pro S_4 a S_5 . Má-li kromě toho zkreslení obrazového pole být rovno nule, potom

$$D + A \cdot d_3^3 = 1/2 \quad (\text{VI.9.12})$$

a tím je tedy určena hodnota parametru d_3 . Závěrem vypočteme veličinu

$$b_3 = -\frac{A}{4 \cdot (n-1)} \quad (\text{VI.9.13})$$

vyskytující se v rovnici a udávající tvar meridiální křivky korekční desky

$$x_3 = -\frac{3}{2} \cdot h^2 \cdot b_3 \cdot y_3^2 + b_3 \cdot y_3^4. \quad (\text{VI.9.14})$$

Přitom h představuje hodnotu „čistého poloměru“ apertury naší korekční desky.

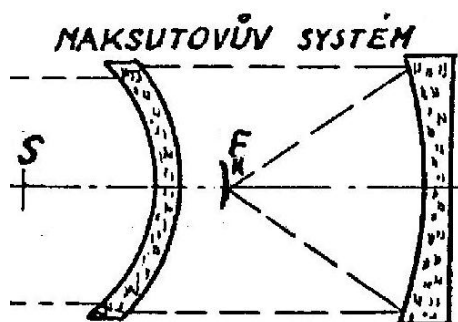
VI.10. Justování Schmidt - Bakerovy astrokomory.

Nejdříve centrujeme pečlivě sekundární zrcadlo tak, že přihráváme hlavní zrcadlo kotoučem bílého papíru s kruhovým otvorem o něco větším než je průměr sekundárního zrcadla, na němž je narysována soustředná kružnice. Rovněž v objímce hlavního zrcadla musí být stejný otvor, do nějž se vkládá clona s kulatým, asi dvoumilimetrovým otvorem. Fotografická kazeta se odstraní a komoru namíříme na jasnou denní oblohu. Okem v otvoru clony, ve středu objímky hlavního zrcadla, spatříme v sekundárním zrcadle obraz hlavního zrcadla, či krycího bílého kotouče se soustředným kruhem, jenž musí být zcela centrován proti středu objímky sekundáru. Pokud tomu tak není, potom manipulací s regulačními šrouby sekundárního zrcadla toho dosáhneme.

Je-li vycentrování sekundárního zrcadla již bezvadné, přistoupíme k centrování primáru. Sejmeme z něj papírový zakrývací kotouč. Na sekundárním zrcadle tak spatříme obraz hlavního zrcadla i s objímkou a otvorem a po dvojitém odrazu též obraz sekundárního zrcátka, i s čtyřmi nosíčky je nesoucími, v jeho středové části. Každý stav nevycentrovaného primáru způsobí, že tento zmenšený obraz sekundárního zrcadla nebude v sobě samém centrický, naopak bude snesen stranou. Tohoto dokonalého vystředění obrazu sekundárního zrcadla, v sobě samém, musíme pak systematickým ovládním centrovacích šroubů hlavního zrcadla každopádně docílit. K stanovení správné polohy korekční desky vkládáme do kazety matnici z jemně obroušeného skla fotografické desky. Správnou kolmost korekční desky k optické ose pak nejlépe určíme v údobí kolem úplňku pomocí Měsíce, kdy se na matnici, přesně dané do ohniska systému, vytvoří jeho ostrý obraz s průměrem asi sedmi milimetrů. Není-li matnice přesně kolmá k optické ose, těsně vedle tohoto ostrého obrazu Měsíce se objeví jeho druhý obraz, citelně však slabší. Jde přirozeně o falešný obraz, způsobený tím, že jasný skutečný měsíční obraz umístěný přesně v těsném okolí ohniskového bodu systému, je sám zdrojem světelných paprsků. A z nich jen ty z něj

vycházející do směru na sekundární zrcadlo, jsou odraženy poté dále do směru na primární zrcadlo, na němž po dopadu vytvoří svazek rovnoběžných paprsků s optickou osou celého systému, šířících se dále ke korekční desce. Na jejich obou optických plochách dojde k částečnému odrazu do zpětného směru a jelikož jsou z velké části stále rovnoběžné s optickou osou, vytvářejí tak falešný obraz Měsíce opět v totéž výsledném ohnisku komory, z nějž původně vyšly. Je logické, že oba obrazy, skutečný i falešný, se spolu vzájemně kryjí tehdy, je-li korekční deska přesně kolmá k optické ose komory. Naopak sebemenší odchylka korekční desky od tohoto stavu se projeví výskytem falešného obrazu Měsíce, přiměřeně stranově odchýleného od skutečného, a tato disproporce zmizí splynutím obou obrazů po patřičném nastavení kolmosti korekční desky k optické ose regulačními šrouby. Za objekty dalších zkoušek mohou v první řadě sloužit vhodné pozemské předměty, umístěné ve vzdálenosti od tří až do pěti set metrů od nás. Neostrost obrazu odstraňujeme ostřením, tj. jen změnou polohy sekundárního zrcátka vpřed a vzad. Poté by mělo následovat opakované vycentrování sekundárního zrcátka. Závěrečná fotografická zkouška vhodné části noční oblohy je zkouškou definitivní.

V.11. Maksutovův meniskový optický systém.



Obr. 87

D. D. Maksutov, ze Státního výzkumného optického institutu v Moskvě, popsal v roce 1944 systém, podobný Schmidovu systému [16]. Namísto korekční desky využil u něj téměř koncentrický skleněný meniskus, umístěný do vhodné pozice, mezi středem křivosti zrcadla a jeho vrcholem (znázorňuje to obrázek 87). Meniskus je čočka téměř stejné tloušťky, a to jak ve středové partii, tak i na svých okrajích. Navíc, jeho optické plochy jsou též značně zakřivené. Tím zavádí výraznou sférickou aberaci, avšak opačného smyslu oproti té, dávané kulovým zrcadlem. Při vhodné křivosti svých optických ploch je navíc i dostatečně achromatický tehdy, vyhovuje-li podmínce:

$$\frac{R_1 - R_2}{d} = \frac{n^2 - 1}{n^2} \quad (\text{VI.11.1})$$

R_1 a R_2 jsou poloměry křivosti jeho ploch, d tloušťka a n index lomu skla. Jeho ohnisková vzdálenost pak je

$$f_0 = -\frac{d(n-1)^2}{R^2 n^2}. \quad (\text{VI.11.2})$$

Jde tedy o tzv. achromatický meniskus charakteru velmi slabé rozptylky.

Z toho vidíme, že vzájemnou kombinací kulového zrcadla s vhodně vybraným meniskem lze lehce korigovat sférickou aberaci zrcadla, aniž by tím došlo k značnému navýšení chromatické vady vzniklého systému. „Je to myšlenka natolik triviální, že je divné, že na ni po tři století, kdy se vyrábějí optické přístroje, nikdo nepřišel.“ Jde o doslovný citát z autorova článku, zveřejňujícího jeho objev [16]. Změnou vzdálenosti menisku od zrcadla pak navíc lze eliminovat komu a případně i astigmatismus.

Sám autor meniskového optického systému shrnuje jeho hlavní přednosti takto:

- dobrá achromázie u značných průměrů optických prvků, dokonce i při vysoké světelnosti astrokomory,
- větší propustnost v oblasti ultrafialových paprsků, než bývá u čočkových objektivů srovnatelných typů,
- takřka výlučné využití sférických ploch jednotlivých elementů, nesrovnatelně usnadňující jejich výrobu,
- možnost tvorby kompaktních, velice světelných přístrojů,
- uzavřenost tubusu.

Jsou-li všechny tři plochy kulové, je přítomnost kulové i chromatické vady ne zcela odstranitelná. Zbývající aberace, pokud trváme na splnění Rayleighovy podmínky, omezují světelnost a průměr optického systému. Rayleighova podmínka je všeobecně přijatá nutná podmínka, již musí vyhovovat konstrukce i produkce optických přístrojů určených k vizuálnímu pozorování (tato podmínka praví, že nerovnosti optických ploch nesmí pro lom přesáhnout oproti jejich teoretické figuře diferencí rovnou čtvrtině vlnové délky užitého světla ($\lambda_u/4$), a u reflexů pak polovinu této hodnoty (tj. $\lambda_u/8$)).

Autor udává maximální světelnost systému (A) pro různé průměry (D), zde pod d_2 míní vzdálenost menisku od vrcholu zrcadla¹:

D (mm)	50	70	100	140	200
$A_{\max}$	1:2,22	1:2,40	1:2,60	1:2,80	1:3,03
d_2 (mm)	138	211	330	503	786

Retušováním kulového zrcadla, u systémů určených k vizuálním účelům, lze světelnost ještě zvyšovat. Jde však o velmi delikátní záležitost, vyžadující prvotřídní odbornost i zručnost. Pro vizuální pozorování je však nutné odvést nezvykle sbíhavý kužel světelných paprsků pomocí malého rovinného diagonálního zrcátka mimo prostor tubusu, podobně jak tomu bylo u Newtonova reflektoru.

Meniskový Cassegrain, s kulovým zrcadlem a s odstraněnými sférickými aberacemi vhodně zvoleným a před sekundární zrcadlo umístěným meniskem, je možné rovněž realizovat. Uskutečnitelný je dokonce i natolik důmyslný optický systém, jehož vhodná vnitřní konvexní sférická plocha menisku je ve vrchlíku pokovena tak, aby sloužila za sekundární zrcadlo. Všechny podobné systémy D. D. Maksutov navrhl a vyrobil. V praxi se ukázaly vhodné, byly nasazeny dokonce do hromadné výroby teleobjektivů.

D, f [mm]	100, 400	200, 700
n_d	1,5163	1,5163
v	61,4	61,4
A [světelnost]	1:4	3,5
d_1 [mm]	10,0	20,0
d_2 [mm]	539,1	926,0
R_1 [mm]	152,8	279,8
R_2 [mm]	158,6	291,6
R_3 [mm]	823,2	1444,0

D. D. Maksutov v citované publikaci též uvádí data umožňující sestavení menších vizuálních dalekohledů, zde viz tabulka výše. V ní je uvádíme případným zájemcům o jejich sestavení. Bližší legenda tabulky: průměr menisku D , světelnost A , poloměry křivosti menisku R_1 a R_2 , poloměr křivosti zrcadla R_3 , tloušťka menisku d_1 a vzdálenost středu konvexní plochy menisku od zrcadla d_2 . Průměr zrcadla by měl být o něco větší, např. 110 respektive 215mm. Konečně data platí pro sklo s konstantami n_d a v a tedy přibližně též i pro běžné druhy korunového skla pro obě velikosti dalekohledu.

Velká světelnost meniskového systému jej předurčuje pro účely hvězdné fotografie. Především zde bude jeho stěžejní význam. Pokud by byly všechny tři optické plochy koncentrické, potom by takový optický systém poskytoval teoreticky téměř neomezené obrazové pole stejné jakosti, a to od jeho středu až po jeho okraj. Navíc, koma s astigmatismem by byly zcela odstraněny. Clonu, tvořící účinný otvor systému, bychom umísťovali do roviny procházející společným středem křivosti. Proto by byla obrazová plocha zakřivená, a to zcela shodným způsobem jak tomu ostatně již je u Schmidty komory. Naneštěstí by takový optický systém vykazoval značnou chromatickou a především sférickou vadu. Ty by výrazně omezovaly jeho maximální světelnost, a to i za nižších požadavků, ostatně charakteristických pro objektivы určené k fotografickým účelům. Sám autor systému tak udává pro průměr menisku $D = 200$ milimetrů jako maximální světelnost údaj 1: 1,4. U průměru menisku $D = 1000$ mm pak uvádí extrémní světelnost 1:2,3. Očividně je tubus vždy značně kratší oproti originální délce Schmidty optického systému.

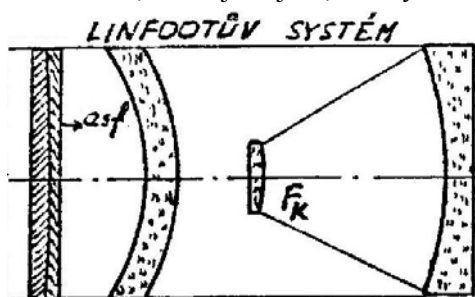
Vše dosud uvedené se týká hlavních výsledků a myšlenek převzatých přímo z Maksutovova zveřejnění jeho úspěchu [16]. Na základě svých vlastních zkušeností cítím potřebu poznamenat k tomu asi tolik: *Maksutovova myšlenka je jistě velice zajímavá a není pochyb, že nalezne svá uplatnění především v některých speciálních optických konstrukcích. Nesoudím však, že je způsobila vyvolat zásadní zvrat v oblasti technologie astronomické optiky.* Pro toto své tvrzení musím zvážit nejdříve výhody, a pak i nevýhody Maksutovova systému vždy podle toho, jak se projevují, v návaznosti na vizuální účely:

Maksutovův systém umožňuje konstrukci dalekohledů se sférickými plochami. Takové dalekohledy potom mohou být velice světelné, kompaktní, i s velkým nezkráceným zorným polem. Oproti stejně světelným reflektorům skýtají však jen výhodu rozsáhlého zorného pole, což je pro vizuální aplikace bez zásadnějšího významu. Výrobní aspekt velké části těchto systémů je tu příznivě ovlivněn aplikací optických ploch pouze sférického typu, jis-

¹ V manu skriptu je tabulka rozvedena o 4 další průměry, nejsou však u nich uvedeny hodnoty třetího řádku, tedy d_2 . Uvádím proto hodnoty D (mm): 394, 701, 1150, 1910, a $A_{\max}$ 1:3,5 1:4,5 1:5. Nejsou až tak významné. Pozn.rev.

tě mnohem snáze zhotovitelných oproti asféricnosti plochy parabolického zrcadla. Pro konstrukci dnešních reflektorů jsou právě typické výrobně pracné parabolické plochy. Nicméně, právě extrémní zakřivenost obou sférických optických ploch menisku představuje již, vzato kritičtěji, nejen velmi značný objem práce potřebné k jeho zhotovování, ale i objemný kotouč zcela kvalitního optického skla. Ten je nezbytný k výrobě menisku a reprezentuje tak značnou finanční položku určenou k materiálnímu zajištění našeho cíle. Tvrzení, že k výrobě menisku se velmi dobře hodí i jen zrcadlové sklo, je argumentačně matoucí. Surovina nutná k jeho výrobě nesmí být naopak o nic horší kvality, než se běžně vyžaduje pro skleněný materiál nutný k výrobě achromatického objektivu, shodného průměru s diskutovaným meniskem. Kotouč optického skla pro meniskus o průměru dvaceti centimetrů a nutné tloušťce disku asi čtyř centimetrů představuje v cenách roku 1960, jen tak mimochodem, hodnotu zhruba 6000 Kčs. Navíc by bylo zapotřebí vynaložit na jeho opracování, do Maksutovova optického systému světelnosti 1:3,5, asi od padesáti až do jednoho sta hodin usilovné práce. Značná neurčitost uvedeného počtu hodin odpovídá možnému rozmezí pracnosti, ovlivněnému rozdílnou tvrdostí zajištěného skla. Ta může být pochopitelně i výrazně rozdílná. Naproti tomu, parabolizace příslušného kulového zrcadla by sama odborníka zaměstnala jen na několik hodin, a to při nesrovnatelně nižších nárocích na homogenitu zrcadlového skla díky té skutečnosti, že světlo zrcadlovým materiálem reflektoru, na rozdíl od menisku, vůbec neprochází. I když odborníků na parabolizaci zrcadel vskutku mnoho není, přesto jde o úkol, v rámci nevyhnutelné přesnosti, nesporně snadněji řešitelný. Značnou výhodou, jež podle Maksutovova vlastního vyjádření byla hlavní příčinou vedoucí jej k základní koncepci objevu, je nesporně nepopíratelná přednost uzavřeného tubusu, samozřejmě v konkrétních realizacích. Jako pracovník Státního výzkumného optického ústavu byl totiž původně postaven před úkol zajištění rozběhu produkce velké série reflektorů (samozřejmě Newtonova typu) do fyzikálních kabinetů středních škol. Jako naprosto nepřijatelná vlastnost se mu tak ukázala okolnost jejich původně otevřených tubusů. U tak velkého počtu exemplářů znamenal zcela volný přístup agresivní atmosféry, početně převažujících prostředí městských aglomerací, k postříbřené vrstvě diagonálního zrcadla (bylo to v časovém údobí předcházejícím druhou světovou válkou), stav zcela nepříhodný. Sirná komponenta exhalací totiž razantně oslepuje tento druh optických reflexních vrstev. Řešení se nabízelo v aplikaci planoparalelní desky, uzavírající tubus, od níž pak myšlenkový posun, uplatňující ideu menisku, tedy takřka konkávněparalelního až koncentrického optického elementu, reprezentuje vskutku nevelký krůček. Uskutečněné uzavření tubusu meniskem naimitovalo tak kvalitu obrazu Maksutovových reflektorů z oblasti reflektorů do domény refraktorů. Výsledky jeho precizního průzkumu mi nejsou dosud známy.

Zvažme nyní výhody i nevýhody aplikací Maksutovova systému, vztažených na fotografické účely. Podobnost Maksutovovy i Schmidovy koncepce takové srovnávání umožňuje. Oba systémy trpí shodným zakřivením obrazového pole. Délka pevného tubusu Maksutovova systému je kratší než délka Schmidovy konfigurace, své hlavní zrcadlo proto lépe využívá. Srovnání kvality obrazu i velikosti jeho pole, už tak přímočará nejsou. To proto, že Maksutovův systém zatím postrádá jak výsledky praktické analýzy, tak i teoretická data průzkumu mimoosových aberací. U Schmidova systému naopak byly odstraněny v dostačující míře všechny vady, s výjimkou zakřivení obrazového pole. To však označit přímo za vadu ani dosti dobře nejde, vždyť jde o vlastnost optického systému, produkovanou značnou mírou základní koncepční symetrie celého optického systému vůči středu křivosti hlavního zrcadla. Maksutovův systém, založený na sférických nekoncentrických plochách, je v tomto smyslu, odkázán na jistou úroveň kompromisu. Při velkých světelnostech však předčí Schmidův optický systém veškeré možnosti jakýchkoliv kompromisních přístupů, tedy i Maksutovových. Nicméně, u velkých světelností je pracnost výroby asférické plochy Schmidovy korekční desky nesouměřitelně větší (pracnost její asféricnosti roste shodně s její odchylkou od výchozí planární plochy, tedy s třetí mocninou světelnosti komory) oproti jednoduchosti kulových ploch Maksutovova menisku, i když jistě asféricnosti, u některé z jeho ploch, se rovněž nevyhneme. Výroba menisku je však draze vykoupěna, a to kvalitním sklem i vynaloženou prací. Je to každopádně značnější investice, v porovnání s přímými náklady na práci zkušeného specialisty, schopného kvalitní Schmidovu korekční desku vyrobit. Navíc, zatím je nejisté, zda výroba menisku nad průměr jednoho metru je technologicky uskutečnitelná vůbec, neboť v praxi k jejímu vyzkoušení dosud nedošlo. Korekční



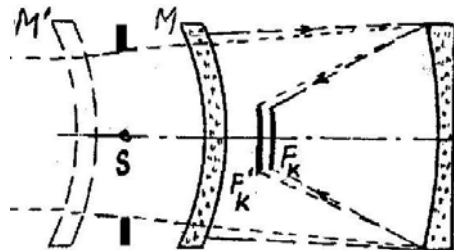
Obr. 88

a Hawkinsové [18] z obrázku 88 či 91 a [12]. Oba u něj předpokládají spojení koncentrického menisku s kulovým zrcadlem ve vazbě na tenkou achromatickou čočku, umístěnou do středu křivosti kulového zrcadla. Vnitřní plochy čoček mají stejná protizakřivení a jsou slepeny. Strana flintové čočky, přivrácená k zrcadlu, je mírně asférická, její deformace je však, oproti deformaci Schmidovy korekční desky, jež by odpovídala stejné světelnosti, i průměru, značně menší. Tím je tedy snáze zhotovitelná. Autor této verze udává, že jeho systém předčil systém Maksutovův i Schmid-

tův u světelnosti 1:1,2, při průměru korekční desky dvacet centimetrů. Sférická i chromatická vada meniskového systému je odstraněna, bez provokace dalších vad. Vlastnost zakřivení obrazového pole ale nadále přetrvává.

Na další vývoj v oblasti astrofotografie můžeme být proto právem zvědaví. Zdá se, že produkci obřích Schmidtových komor stimuluje především nepoměrná velikost kvalitního obrazového pole, braná oproti nepatrnému zornému poli normálního parabolického zrcadla. Je dobře známo, že úhlový rozměr použitelného obrazového pole klasického reflektoru ostře klesá k nule při vzrůstající světelnosti jeho zrcadla.

Uvažme na okamžik meniskus s dvěma jeho plochami, se zrcadlem koncentrickými (viz obrázek 89) a se clonou ve středu křivosti. Je jasné, že pro tento případ ani koma ani astigmatismus nevznikají. Dejme menisku jistou tloušťku, jeho role se prokáže ve funkci slabé rozptylky mající opačnou sférickou vadu než kulové zrcadlo. Proto je takovým způsobem principiálně možné odstranit sférickou vadu kulového zrcadla analogickým způsobem jako korekční deskou, i bez zavedení jiných vad, kromě zmíněné již vady chromatické. Výpočtem zjistíme uskutečnitelnost toho jen v rámci optiky třetího řádu. U světelných systémů jsou vady vyšších řádů značné, zůstávají však shodné na celé jejich obrazové ploše, která, stejně jako u Schmidovy komory, je koncentrickou plochou kulovou s poloměrem křivosti přibližně rovným $R/2$. Z důvodů nejlepší korekce musíme meniskus umísťovat před střed křivosti, což jsme v obrázku 85 naznačili čárkovaně.



Obr. 89

Meniskový systém předčí Schmidtův systém hlavně velikostí i rovnoměrnou jakostí obrazového pole. To však platí s výjimkou případů potřeby velké světelnosti, či značných průměrů optických elementů. Systém s přesně koncentrickým meniskem trpí chromatickou vadou. Z toho důvodu Maksutov užívá tzv. achromatický meniskus, tedy meniskus o nejmenší možné přípustné chromatické vadě. Výpočet optických parametrů umožňují empirické formule (VI.11.3), níže reprodukované. R_1, R_2, R_3 jsou poloměry křivosti menisku a zrcadla, d_2 vzdálenost menisku od zrcadla, A světelnost, D průměr menisku a d_1 jeho tloušťka.

$$R_1/D = -0,612 \cdot \left(\frac{1}{A}\right)^{0,66}, \quad R_2/D = -0,612 \cdot \left(\frac{1}{A}\right)^{0,66} - 0,0565 - 0,007 \cdot \frac{1}{A}, \quad R_3/D = -2,107 \cdot \left(\frac{1}{A}\right)^{0,983} \quad (\text{VI.11.3})$$

$$d_2/D = 1,11 \cdot \left(\frac{1}{A}\right)^{1,14}, \quad d_1/D = 0,1$$

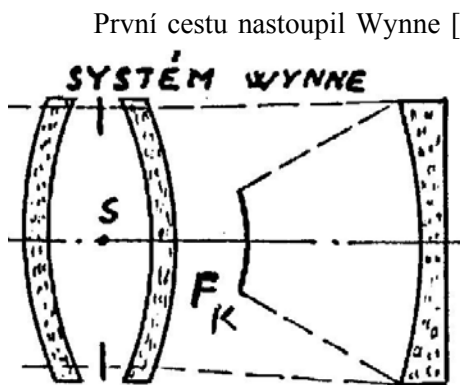
Platnost je zaručena pro sklo charakterizované parametry $n_d = 1,5163$ a $v = 64,1$, jak jsme již uvedli výše.

Jak jsem již naznačil, *technologická výhoda kulových optických ploch menisku, oproti asférické Schmidtové korekční ploše, je věcí relativní. Platí tedy jen pro systémy s menšími průměry optických prvků.* Víme již, že *při velkých průměrech* narůstá tloušťka menisku spolu s jeho zakřivením do rozměrově značné robustnosti. Finanční nároky na bezvadné optické sklo, na jeho zpracování, i další dodatečné *náklady rovněž neúměrně narůstají.* Naproti tomu je *Schmidtova korekční deska pro výrobu tohoto optického elementu - právě především o velkých průměrech - jakoby ideálně předurčena.* Je tomu tak vzhledem k jejímu tvaru, odvozovanému z jen poněkud deformovaných planárních ploch *při malých hodnotách jejich relativních tloušťek mezi 1/30- až 1/50tinou svého průměru.* Slevogt[14], později i s Richterm, namísto Schmidovy korekční desky užili sférické korekční čočkové členy velké apertury. A tak hlavní význam meniskových systémů tedy nespočívá v jejich bezprostředním nasazení do pozorovatelské praxe, nýbrž především v oblasti konstrukce složitých optických systémů, pro něž je vyžadována na dílčích komponentách extrémní světelnost při velikých obrazových polích.

Achromatický meniskus je určen pomocí vztahů (VI.11.1) a (VI.11.2) v nichž $R_1 - R_2$ je rozdíl poloměrů křivosti obou optických ploch menisku, n jako obvykle index lomu, d je tloušťkou menisku a f_0 ohnisková vzdálenost menisku. Meniskus je proto vlastně slabou rozptylkou se značnou sférickou aberací. Rovněž jsme již uvedli, a zde to ještě jednou výslovně připomeneme, že *aplikací achromatického menisku zavádíme do optického systému současně komu i astigmatismus, které značně omezí bezvadně ostré obrazové pole, hlavně u větších světelností i geometrických rozměrů navrhovaného optického systému.*

VI.12. Systémy s kulovým zrcadlem a dvěma menisky.

Jednoduchý Maksutovův systém není vhodný pro pozorování, vyžadující optické systémy o vysokých světelnostech a navíc spojené i se značnými průměry. Schmidtova komora v této oblasti skvěle vyhovuje. Pro případ extrémních hodnot je však sestavení korekční desky již velice obtížné, i když je principiálně možné. Především to vedlo k úsilí nalézt vhodný optický systém, založený na využití kulových optických ploch, které svým účinkem nahradí korigující asférickou plochu, či alespoň přemíru její asfericity únosně zmenší.



Obr. 90

První cestu nastoupil Wynne [17], když prostudoval optické systémy se dvěma menisky. Z nich jeden napolohoval konvexní plochou k zrcadlu, druhý - a zrcadlu vzdálenější - pak plochou konkávní tak, jak je to znázorněno na obrázku 90. Prokázal, že se při tom chromatické vady snižují na pouhou jednu desetinu hodnot obvyklých u jednoduchých Maksutovových systémů, a to při shodné tloušťce menisků.

Existují dvě možná řešení. V prvním jsou oba menisky polohovány symetricky vzhledem ke středu křivosti, stejně jako u Maksutovova systému a každý meniskus je samostatně korigován na komu prvního řádu. Druhé řešení naopak koriguje malou komu prvního menisku stejnou hodnotou komu druhého členu a bezpodmínečně opačného smyslu. Clonku potom umístíme mezi střed křivosti ploch

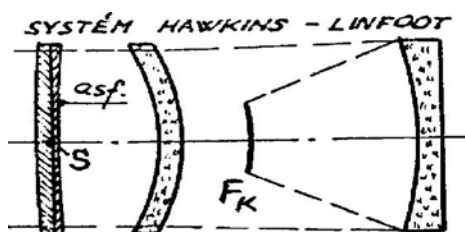
obou menisků. V popsané konstrukci, paprsek jdoucí středem clony dopadá na všechny plochy pod velmi malým úhlem, čímž se hodnoty mimoosových aberací udržují na velmi malých hodnotách. Současně dochází ke korekci astigmatismu, zkreslení i chromatické vady, neboť jejich původ pramení z přítomnosti příliš šikmých paprskových svazků v optickém systému. Zvětšení tloušťky menisků pak umožňuje snižování vlivu sférické vady a bez průvodních změn hodnot mimoosových aberací.

Zahrnutí druhého menisku citelně zvyšuje možnou přizpůsobivost uváděného systému k různým dodatečným požadavkům. Systém je pak popsán více veličinami, než je nezbytně nutné k odstranění aberací vyšších řádů. Sklenutí pole ovšem u těchto systémů nadále setrvává. Velmi tlustý meniskus, a proto i v mnohém ohledu i tvarově nevídaný optický element, lze pak rozložit na dvě tenké čočky, aniž by se tím významněji změnil charakter původních aberací. Toho docílujeme tehdy, jsou-li této skutečnosti příslušně uzpůsobeny vzdálenosti jednotlivých optických komponent takto modifikovaného optického systému.

Posoudíme-li úhrnem osově aberace Schmidtovy komory a dvoumeniskových optických systémů, jsou obdobné a přibližně i stejné. Naproti tomu vyniká fakt, že *mimoosové aberace dvoumeniskových systémů jsou výrazně zmenšeny, což následně implikuje i větší využitelnou velikost obrazového pole*. Bohužel, homogenita skla, doprovázená variacemi indexů lomu s tloušťkou - tak příznačnými pro velké bloky optického skla - případně i jiné obtíže, zabraňují výrobě dvoumeniskových systémů o velkých průměrech jejich optických členů. Nicméně komory značně menší, tj. *s průměry elementů kolem deseti centimetrů, jsou technologických potíží výroby rozměrných polotovarů ušetřeny a proto i vedou až k dosažitelným světelnostem 1:0,7 za okolností dodržení velkého, i skvěle korigovaného obrazového pole*.

VI.13. Systémy s menisky a korekční deskou.

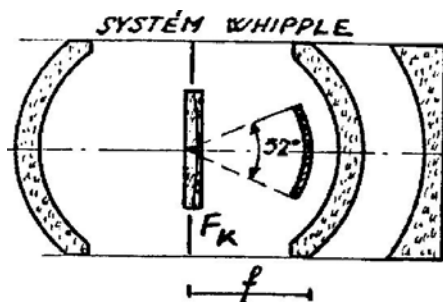
Další možností zlepšení meniskového systému je snaha odstranit zbývající vady systému korekční deskou ve středu křivosti hlavního zrcadla. Hlavní optické vady odstraňuje koncentrický meniskus a proto na korekční desku zbývá jen malá asférická deformace.



Obr. 91

Hawkinsová s Linfootem [18] propočítali systém podobného typu, znázorněný na obr. 91 i 88. Korekční deska vznikla slepením velmi slabé plankonvexní čočky z korunového skla s plankonkávni čočkou sestávající ze skla flintového. K zrcadlu obrácená strana plankonkávni čočky je asférická, odchylka od roviny obnáší jen jednu dvanáctinu odchylky typické pro klasickou Schmidtovu korekční desku. Takto korigovaným systémem se při značné dosažené světelnosti 1:1,2 dosahuje jen malý zlomek původních aberací originální Schmidtovy komory.

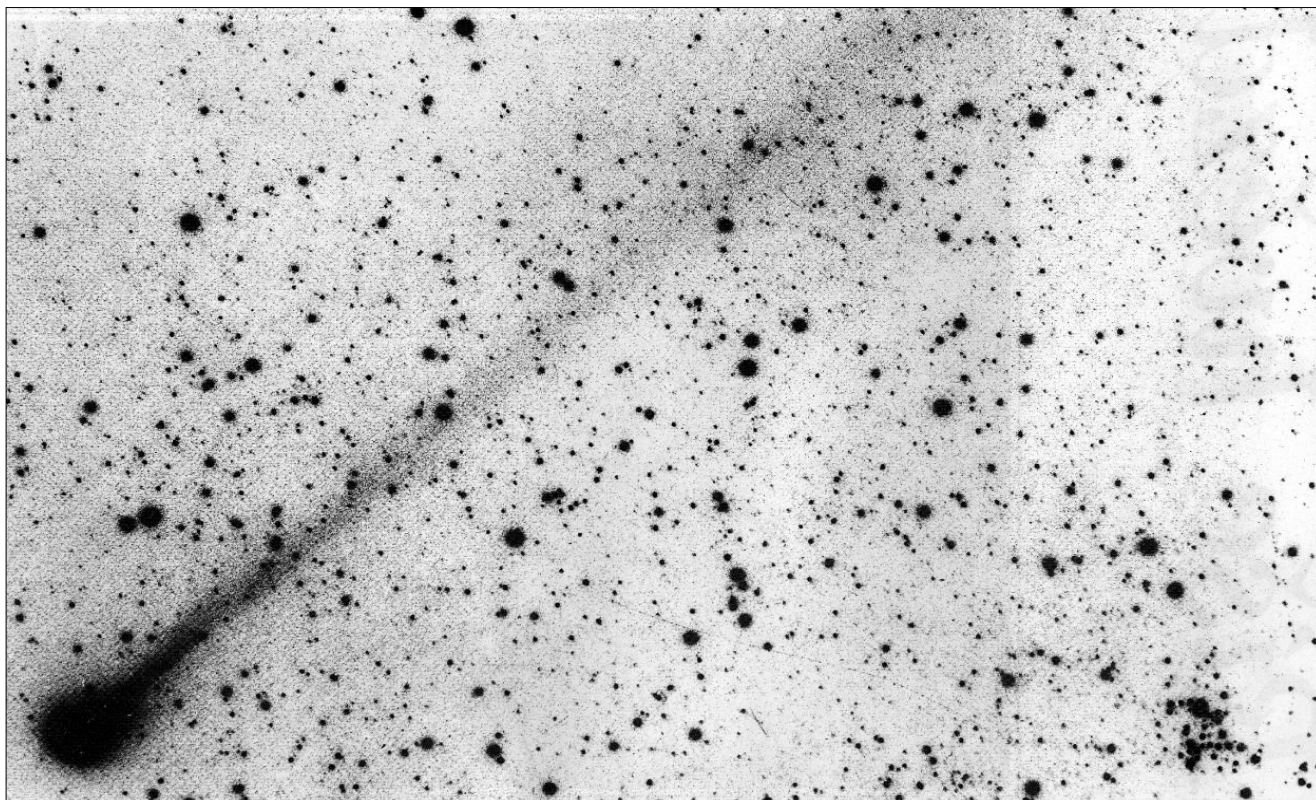
Whipple [19] navrhl komoru speciálně určenou pro meteorickou fotografii, opatřenou dvěma menisky i korekční deskou (obr. 92). Jeho již uskutečněný návrh vedl ke komoře opatřené zrcadlem průměru 635 milimetrů a s účinným otvorem 304 milimetrů při ohniskové vzdálenosti 203 milimetrů. Její světelnost je tedy 1:0,67 při úhlové hodnotě obrazového pole 52° . Jelikož co největší obrazové pole je základní charakteristikou tohoto optického systému, musela být světelnost naopak snížena. Bez této úpravy by emulze jinak vyžadovaly svou výměnu, pro jas pozadí noční oblohy, již po pětiminutové expozici (pro závojeování).



Obr. 92

VI.14. Shrnutí přínosu Schmidtových komor astronomii.

Hlavní význam Schmidtových komor, i jejich různých modifikací, je v jejich nasazení na oblast astronomie, jelikož světelný výkon jimi obdržený bývá až několiksetkrát vyšší oproti klasickým parabolickým zrcadlům s ekvivalentními průměry. V porovnání s čočkovými objektivy dosahují zaručeně mnohem menších světelných ztrát a lepších definic v zobrazování hvězd, i pro vyšší světelnosti. Konečně bývají proveditelné, oproti čočkám, pro nerosovatelně větší průměry vstupních pupil. Tak velké Schmidtovy komory (na Mt. Palomaru, spolu s dvojčelem jižní polokoule) uskutečnily rychlé dvoubarevné zmapování celé oblohy. Starou technikou započatá mapovací akce *Carte du Ciel* musela být naopak po pár letech od zahájení prací zrušena, a to pro svou materiálovou i časovou náročnost. Vysoce světelné Schmidtovy komory spektrografů umožnily i koncepčně nové výzkumy ve stelární spektroskopii či v jiných netradičních oblastech.

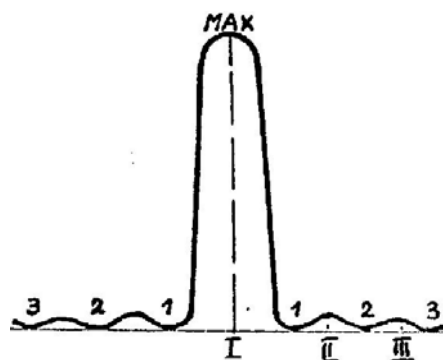


Povšimněme si ukázky optické definice královohradecké Schmidtovy astrokomory 400/620/1000 prof. Ing. Viléma Gajduška na desetiminutové expozici komety P/Swift-Tuttle z 27. 9. 1992 na film Medix Rapid (x-ray), vykonané panem Martinem Lehkým. Nezbyvá než upřímná lítost, že to co instalací optiky Hradec Králové svedl, to Ondřejov minulo.

VII.Otázky dodatečného zajištění kvality obrazu.

VII.1. Ohybové jevy v dalekohledu.

Již v předchozích kapitolách jsme se často odvolávali na ohybem světla způsobované optické jevy. Nyní si jich povšímneme více podrobně.



Obr. 93

Obraz bodového zdroje, jakým bývá příkladně hvězda, je pomocí dokonalého objektivu převeden do nebodového tvaru malé kruhové plošky, nazývané ohybový kotouček, obklopené soustřednými ohybovými kroužky. Rovinný řez rozložením světla, dopadlého na objektiv a současně jím též i prošlého, je graficky znázorněn na obrázku 93 v němž zjišťujeme, že největší část světla (1.maximum) jde do středu ohybového kotoučku (I). Pak jeho intenzita klesá k 1. minimu (1), následně naroste v 2.maximum, ale již prvního ohybového kroužku (II), aby poklesla k 2. minimu (2) atp. Intenzita poté střídavě stoupá k pořadovému maximum, aby zaujala následné pořadové minimum atd.. Jasnost ohybových kroužků se při tom snižuje až k zanedbatelné úrovni. Maximální průměr jistého pořadového ohybového kroužku je dán vzdáleností předchozího a pořadového minima v daném rozdělení intenzity světla obrazu.

Právě popsané jevy mají základní důležitost pro stanovení teoretické rozlišovací schopnosti objektivu: vzdálenost prvního minima, a tím i maximální poloměr ohybového kotoučku, je roven v radiánech

$$d_{\lambda} = 1,22 \lambda / D \quad (\text{VII.1.1})$$

a udává rozlišovací mez daného objektivu. Faktor 1,22 vystihuje povahu řešení problému Besselovými funkcemi. Z praktických ohledů se za λ bere milimetrový ekvivalent střední vlnové délky okem viditelného světla v mikronech, kdy $\lambda=500\text{nm}=0,5\mu=0,5\cdot 10^{-3}\text{mm}$ a za D pak průměr objektivu v milimetrech. Přechod z radiánů do jednotek úhlové míry v obloukových sekundách zajistíme násobením jemu příslušným převodovým modulem 206265.¹ Poloměr ohybového kotoučku pro průměrnou vlnovou délku se pak rovná

$$d_m = 120'' / D. \quad (\text{VII.1.2})$$

Dvojhvězdu rozlišíme v dalekohledu, v případě přibližně stejně jasných hvězd, tehdy, padne-li obraz druhé hvězdy do prvního minima intenzitní charakteristiky ohybového obrazu první hvězdy, pro danou vlnovou délku. Tato vzdálenost obnáší v obloukových vteřinách hodnotu

$$\delta_{\lambda} = 1,22 \cdot 206265 \cdot \lambda / D. \quad (\text{VII.2.3})$$

Rozlišovací schopnost je podle tohoto vzorce tak nepřímě úměrná průměru užitého objektivu. Závislost na barvě světla lze, za běžných podmínek, redukovat na výše zmíněnou průměrnou vlnovou délku. Při vizuálním pozorování není naše oko schopno vnímat zcela nestejnoměrnost jasu ohybového kotoučku, klesající od jeho středu k okraji. Proto se ohybové kotoučky u slabších hvězd zdají být, díky oné menší citlivosti zraku, zdánlivě neúměrně menší vůči vnímaným těm pořadově stejným u nejjasnějších stálic. Stejně tak ohybové kroužky budí pocit neúměrně tenkosti s výjimkou snad prvního, v němž bývá soustředěno mnohem více světla, než kolik jej vcelku připadne na kroužky ostatní. Právě zde je čas upozornit na změny ohybových obrazců hvězd, pokud se do objektivu vnese otvorová vada různě velká. Jde-li o otvorovou vadu výraznější, sníží se jí úroveň jasnosti ohybového kroužku přenosem ubylé části na ohybové kroužky, především do kroužku prvního. Shodný projev se vyjeví též po zaclonění středové části objektivu, tak typického pro optiku reflektorů, neboť optické systémy teleskopů (tj. *zrcadlových dalekohledů*) se bez sekundárních zrcadlových členů rozumně neobejdou².

Dospíváme tak k často opomíjenému paradoxu, tkvícímu ve zdánlivém zmenšení průměru ohybového kotoučku, umožňujícím snazší rozlišení velmi těsných dvojhvězd. Z výše uvedených souvislostí však vyznívá vysvětlující závěr naprosto logický, i lehce demonstrovatelný v optické dílně zaostřením čočkového dalekohledu na skupiny blýskavých bodů, imitující tak mnoho dvojhvězd, produkovaných drsnou kovovou plochu jejím bočním ozářením. Zastiňte čočkový objektiv postupně narůstající centrální clonou, vhodným lepem ulpívající středově na frontální čočce a sledujte chování zobrazení! Pokus vám onu zdánlivost paradoxu plně potvrdí.

¹ hodnota 206265 představuje počet úhlových sekund na normalizovaný oblouk půlkružnice, tj. $206265 \approx 180^{(o)} \cdot 60^{(')} \cdot 60^{(")}/\pi$. Pozn.rev.

² např. tzv. Herschelův systém s okulárem v ohnisku primáru si, stíněním hlavou, žádá vyosený primár, vnášející pro světelný primár zlé aberace. Až obří reflektory (5m Mt.Palomar a 3m Lick) jej 'zaosily' kabinou s pozorovatelem v ohnisku primáru, bez 2.reflexu Pozn.rev.

Cílem tohoto obšírnějšího pojednání je, vytvořit běžnou realistickou bázi k vykořeňování tradičně nadnesených názorů na roli nejmarkantnějšího verdiktu o kvalitě zkoušeného objektivu, jímž letitě býval neodmyslitelný fetiš uznání dosažené rozlišovací schopnosti posuzovaného objektivu především na základě pozorování dvojhvězd. Myslím, že reálná kritika staví onu praktickou zkoušku pro rozměrnou optiku do světla nadnesené iluzornosti. S ní se ještě navíc pojí těž poznání, že fakticky stálá přítomnost neklidu ovzduší je prakticky neodmyslitelnou realitou prakticky každého provádění takové zkoušky rozměrného objektivu. Nepodceňte ani tu nepříjemnost, že i výběr dvojhvězd, vhodných pro tento záměr, bývá hojně neideální.

Musíme se, ač neradi, smířit s faktem, že zdánlivá výhodnost zrcadel i čočkových objektivů, zatížených otvorovou vadou pro rozlišování konfigurace jasných bodů, nám ani zdaleka nevyváží jejich velmi nepříjemný doprovodný zápor, až fatálně se naopak projevující snížením rozlišovací schopnosti málo kontrastních detailů obrazu, u objektivu tou vadou postiženého. U planet je např. nekонтрастnost k ničemu a pozorovatel dojde sám k nouzovému řešení a závadový objektiv si začloní, i značně. Mějte na zřeteli též i to, že markantnost ohybových efektů si žádá využití značných relativních zvětšení, až dvacetinásobku na jeden centimetr průměru objektivu.

Jistý despekt k reflektorům, plynoucí z výše uvedených poznámek v souvislosti s pozorováním planet, se ukazuje proto jistě krajně nerozumným, a to pro nevelká centrální začlonění zrcadla. Tedy, nečiní-li li víc než asi jednu čtvrtinu až jednu třetinu vstupní pupily dalekohledu, berte jej za nevýrazný. Každopádně se nám vyplatí přednostně užívat diagonální zrcátka Newtonova reflektoru co nejmenší, dokud ovšem nemusíme zajistit větší pole prosté vignetae. U tak minimálního zrcátka, že jeho začlonění nemůže vadit naprosto - tj. ku příkladu hodnotou jedné osminy průměru primáru, lze obtíže přístupnosti primárního ohniska, lokalizovaného tím již v prostoru tubusu, procházeném marginálními vstupními světelnými paprsky, redukovat využitím složeného okuláru na principu mikroskopickém. Složený okulár navíc klasickým konfiguracím obrazy napřimuje, což dává zobrazování nebe formu orientačně přirozenou, tedy prakticky výhodnější. Nazýváme jej proto *okulárem terrestrickým*. V kombinaci s diagonálním newtonovským zrcátkem je obraz v jednom ze dvou přirozených směrů ale stranově převrácený. Vadí-li to, je vhodné je zaměnit za kvalitní Amiciho střechový hranol.

Větší náchylnost reflektorů k lokálnímu neklidu vzduchu v oblasti tubusu, za stejných podmínek, je skutečnou hlavní vymežovatelkou méněcennosti reflektorů vůči refraktorům. *Ve vzácných případech ideálního ukladění vzduchu*, tj. vidíme-li i v reflektoru většího průměru dokonalý a časově stabilní ohybový obrazec hvězd, *nelze pozorovat skutečný rozdíl kvality zobrazení v refraktoru a v reflektoru tehdy, mají-li oba přístroje objektivy téhož průměru a byly-li u obou optické i mechanické členy vyrobeny v té nejvyšší dosažitelné kvalitě.*¹

VII.2. Zmírnění následků ohybu světla v objektivu efektem apodizace a jeho vliv na kvalitu obrazu.

Řekli jsme již, že obraz bodového zdroje, například stálice, se v bezvadném objektivu projevuje jako malý ohybový kotouček, kolem nějž se kupí několik soustředných ohybových kroužků o postupně rychle klesající intenzitě, v závislosti na jejich narůstajícím průměru. Počet i jasnost ohybových kroužků se svítivostí zdroje narůstá s průměrem objektivu taktéž, navíc je závislý i na jeho fyzikální povaze zobrazení (jde-li o reflexi či o refrakci). V neposlední řadě hrají svou roli i optické korekce na něm aplikované. Uváděný ohyb světla představuje někdy značnou překážku astronomickému pozorování, hlavně pro pozorování plošných objektů značné jasnosti. Nejčastěji tomu tak bývá u jasných planet. Okolo pozorovaného objektu se vytváří pak jakési halo, znesnadňující pozorování málo jasných a úhlově velmi blízkých objektů, či detailů. V padesátých letech se počaly projevovat snahy odstranit, či zmírnit tak nežádoucí jevy. Práce i pokusy jsou dosti nadějně. Na sympoziu o astronomické optice, pořádaném profesorem Zdeňkem Kopalem v roce 1956 v Manchesteru, o nich ve svých výsledcích referovali francouzští vědci G. Lansraux a B. Dossier. *Potřebná zařízení, vedoucí k zeslabení ohybových kruhů, či dokonce k jejich zmizení, tj. jevu tzv. apodizace obrazu, jsou částečně v dosahu amatérů. Je proto vhodné o tom zájemce rámcově informovat.*

Zmíněné zeslabení ohybových kruhů umožňuje tzv. amplitudový filtr, umístěvaný před objektivem. Ten nepropouští dopadající světlo zcela rovnoměrně, ale propustnost světla na něm je, naopak, funkcí polohy zóny na daném objektivu (tj. i se zachováním souměrnosti kolem jeho optického středu). Situaci lze ilustrovat dvěma slepenými čočkami, jedné plankonvexní z běžného korunového skla, jakož i druhé plankonkávní, avšak navíc neutrálně a stejnoměrně temně zbarveného. Obě uvedené čočky jsou přiblížením filtrového systému typu planpa-

¹ stačil-li se, ovšem, již teplotně vyrovnat efekt okraje pro sklo zrcadlového disku o vysoké hodnotě jeho koeficientu dilatace. Pozn.rev.

ralelní desky, vykazujícím různou propustnost světla s maximem ve středu a s minimem u okraje. Udaný příklad je jen ilustrativní, jde nám pouze o koncepční ujasnění základního principu. Až tak zjednodušený filtr totiž nemá praktický dopad. Skutečně užívané filtry musí být přec jen složitější a amatérovi proto ani dostupné tak lehce nebudou. Praktičtější způsob zhotovování amplitudového filtru nabízí metoda cíleného vakuového napaření vrstvičky chromu na jedné z ploch planoparalelní desky shodného průměru s objektivem. Profil tloušťky napaření této vrstvičky lze měnit několika způsoby, i za symetrie kolem budoucího optického středu planoparalelní desky. V praxi toho dosahujeme např. rotací segmentu vypočteného tvaru, k potřebnému stínění její aktivní frontální plochy, nepřímo dávající onu výše zmíněnou osovou symetrii. Ohybové efekty lze stírat i jinak, víc o tom závěrem.

Znázníme-li graficky příslušné propustnosti dosažených chromových vrstev jako funkci vzdálenosti od středu filtru, získáme křivky propustnosti filtru. Z nich ne každá našim cílům vyhoví. Z možného nespočetna takových křivek propustnosti využijeme pro náš filtr jen tu, již, coby pro nás nejvhodnější, nazveme *optimální křivkou amplitudového filtru*. Reflektory celou věc, vlivem svého centrálního zastínění primárního zrcadla sekundárem, o to více komplikují. Tady vypomáhá matematika. Úkol, spočívající v nalezení příslušné optimální křivky hustoty amplitudového filtru pro daný objektiv, i mu příslušných metod realizace zaclonění, je bez použití počítačů značně pracný. Snadnější cestou se ukazuje metoda určení „apodizačního efektu“ pro libovolně zadanou křivku. Mimořádně důležitý je efekt apodizace u zrcadel. Výše zmíněné zastínování vstupní pupily sekundárním zrcátkem vede především ke zvyšování intenzity ohybového kroužku. Jeho charakter naznačuje, že vhodná křivka propustnosti nevykáže maximální propustnost v místě průchodu optické osy přístroje středem amplitudového filtru, jež je zastíněné. Minimální propustnost oblasti centricky blízké optické ose obnáší jen dvě desetiny z dopadajícího světla. Proto by maximum propustnosti filtru mělo ležet na zhruba prostřední zóně, mezi zastíněním a okrajem zrcadla. V místě jeho obvodu by měla propustnost našeho filtru opět klesnout na nulu. Vyhovující křivka pohltivosti filtru bude proto sedlovitého tvaru. Přijatelnost výsledku našeho snažení bude přímo úměrná poklesu centrálního zastínění zrcadla. Hlavní zrcadlo zacloněné sekundárem velikosti 0,3 průměru průměrně zeslabí ohybový kroužek o polovinu, zastínění na pouhých 0,2 průměru zrcadla již zeslabí ohybový kroužek jen o šestinu a zaclonění s hodnotou 0,1 dává dokonce patnáctinové zeslabení ohybového kroužku. U Cassegrainova dalekohledu, se středovým zacloněním zpravidla víc než tři desetiny průměru hlavního zrcadla, není křivka propustnosti vhodná. U Newtonova dalekohledu se naopak situace významně zlepšuje. Nikdy však není křivka optimální, takovou dává jen čočkový objektiv. Pochopitelně, apodizace se nevyhnutelně váže na ztrátu světla v místech méně propustné oblasti filtru. Naší snahou je proto minimalizace světelných ztrát.

Třetí ze způsobů, a pro amatéry snad nejvýhodnější, navíc umožňující zkoušky velkého množství různých křivek v poměrně krátké době, je *metoda rotujících clon*. Zacloníme-li objektiv clonou se čtvercově tvarovaným otvorem s úhlopříčkou rovnou průměru objektivu, získáme ohybový obrazec tvaru komplikovaného kříže. Podaří-li se nám uskutečnit její rychlou rotaci přesně kolem optické osy s dostačující úhlovou rychlostí, umožní nám to projev normálního ohybového obrazce, tj. ohybového kotoučku, obklopeného slabými ohybovými kruhy. Vhodně zvolený tvar clony se dokáže příznivě projevit na pozorování detailů slabých objektů, nacházejících se v těsném sousedství objektů prosvětlených, i výrazně.

Uvedené dává tušit, že vhodnou volbou clon lze téměř libovolně rozdělit intenzitu světla dopadajícího na objektiv. Technické provedení konkrétního řešení zůstává přitom věcí vynalézavosti čtenáře. Zbývá mi jen konstatovat, že malé centrální zaclonění objektivům principiálně nevadí. Apodizací je totiž odstranitelné. Z toho důvodu je účelné umístit právě centrální osu otáčení naší clony na malý dvojramenný nosník natolik vhodného tvaru, aby nám neprovokoval vznik paprskovitých ohybových obrazů. To umožňuje volba vhodných šířek nosníků asi pěti-šestimilimetrových, přichycených na malý kotouček s osou. Pokud si zvolíme systém clon takový, že jsou symetrické podle dvou os vůči sobě navzájem kolmých, lze potom počet potřebných otáček snížit. Podobně bychom se měli snažit i o významné snížení váhy systému clon vhodnou volbou materiálu, např. lesklou lepenkou atp.. Vhodným natvarováním clon pak můžeme umožnit využití stlačeného vzduchu v roli jich protáčecího média. Namontováním miniaturních stejnosměrných motorků přímo do tubusu, k čemuž existují především u reflektorů takřka ideální podmínky, lze pak ovlivňovat i hmotnost realizace našeho řešení, atp. Jistě nepůjde o nic světoborného, nicméně přec jen se můžeme snažit kvalitu našeho dalekohledu vylepšovat. I když dosud (rok 1956) optimální zaclonovací křivky, stejně jako i meze vylepšování optiky apodizací, nejsou uspokojivě stanoveny, přesto přínosný prvek apodizačního efektu již prokázán byl, i spolu s jeho příznivým ovlivněním kvality obrazu. Nesporně zajímavé bude stanovení jeho vlivu na kvalitu zobrazení v reflektoru v podmínkách vzdušného neklidu. Také otvorová vada objektivu zesiluje ohybové kroužky, i zde lze proto vytušit příznivou eliminaci efekty apodizace. Rovněž je žádoucí výzkum vlivu apodizace na objektivy více než patnácticentimetrové, pro něj lze využít, v údobí klidného vzduchu, za testovací objekty nejjasnější hvězdy. Zájemci se mohou nechat více inspirovat pracemi [22], [23] a [24].

VII.3. Vliv vzdušného neklidu na jakost obrazu v dalekohledu. ¹

Tyto řádky jsou určeny především těm pozorovatelům, kteří získali své osobní zkušenosti pozorováními přístroji s malými průměry objektivů a jimž se poté podařilo „dostat se skokem“ k přístroji většímu. Spokojenost pak, nejpravděpodobněji, byla v nepřímém poměru k velikosti použitého objektivu. A tak u velké většiny amatérů tohoto typu dochází k neoprávněné kritice přístrojů s většími objektivy. Pozorovaný nekvalitní obraz totiž, jak jinak, jsou ochotni „obratem svalit na pochybenou kvalitu onoho objektivu“ přesto, že je jim např. známo o jeho výrobci, že je dlouhodobě pečlivý a že výslednou kvalitu vyprodukovaného objektivu si odpovědně ověřil.

Snad se některý z amatérů šťastně dočkal ale i takové noci, za níž se obraz ukázal v podobně kritizovaném dalekohledu zcela bezvadný. Viděli výborně. To je snad dosti poučilo i v tom, že špatné zobrazení použitého dalekohledu nemohlo být produktem nedokonalosti, velkému objektivu šmahem neprávem přisuzované a že pravý důvod běžné degradace výkonu dalekohledu tkví v něčem zcela jiném. Názor, že pravou příčinou podobné nespokojenosti bývá ponejvíce *vzdušný neklid*, či *turbulence vzduchu*, pak již spíše akceptuje. Mnohdy ji dokonce podceňují a nedomýšlejí i letití pozorovatelé, ba občas svou zrádností zná znejistit sebe i v názorech astronomů z povolání.

Většina čtenářů dozajista ví, že vlastní příčinou turbulence jsou stálé vzdušné proudy zemské atmosféry. Jejich teplota i vlhkost se dokáže lišit od okolních vzdušných mas i diametrálně. Vzduch různých teplot i vlhkostí pak vykazuje lokální rozdíly v indexech lomu. Na základě toho pak světelný paprsek, přicházející od vzdálené stálice, musí v naší atmosféře podstupovat neustálou změnu svého směru. Prochází pak, ať již v důsledku větrů, denního pohybu Země okolo své osy, atp., soustavně nestejnorodými vrstvami naší atmosféry. Zjednodušeně si to můžeme představit berličkovým názorem, že světelné paprsky, vnikající po krátkou dobu do oka, jsou vymezeny kuzelem svrškových přímek o velmi malém úhlu sbíhavosti, o základně ležící v našem oku. Poloviční vrcholový úhel popsaného kužele charakterizuje velikost turbulence a obvykle je zlomkem úhlové sekundy. Běžně ji postřehne i prosté a neozbrojené oko, neboť proces se projevuje vnímatelným soustavně stálým kolísáním jasnosti stálic. O hvězdách říkáme, že se třpytí, či že jejich světlo mihotá. Jev sám zveme *scintilaci hvězd*.

Jak takovou scintilaci zpracovává náš dalekohled? Přesto, že jde o jev základního dopadu na pozorování vůbec, nemá o něm velká většina pozorovatelů zcela jasno. Krátce a stroze řečeno, *vliv turbulence určitého stupně se projeví u dalekohledů s objektivem různých průměrů též různě a to tak, že právě jeho narůstající průměr její vliv zvyšuje nepříznivě*. Jinak rozvedeno znamená to projev zvláštní povahy, pro nás ve zdánlivém paradoxu, spočívajícím v tom, že *pro stejnou turbulenci, stejného místa zemského povrchu, a stejné chvíle, dalekohledy různých průměrů objektivu tvoří různé různé obrazy, tj. zcela různé kvality, i když užité objektivy jsou ověřené zcela stejně bezvadné*. Paradoxně pak objektiv malého průměru objektivu dává prakticky dokonalý obraz, blízký teoretické výkonnosti pro tento průměr, zatímco přístroj s objektivem velkého průměru, zdánlivě protismyslně, většinou vykazuje obraz již beznadějně chabý, ba špatný, tedy takový, že *pro něj výkonnost dalekohledu, vzhledem k reálně poskytnuté rozlišovací schopnosti, v daném okamžiku nedosahuje ani zdaleka hodnotu teoretické rozlišovací výkonnosti, patřičnou tak velkému průměru objektivu*. Teoretické zdůvodnění popsaného paradoxu zde neprovedeme, šlo by tu jen o nadbytečnou komplikaci. O jeho projevech se zmíníme podrobněji.

V podmínkách průměrného stavu ovzduší, typického pro naši zemi, jeví se v dokonalých dalekohledech s průměrem objektivu šest až osm centimetrů obraz stálice, vzdálené alespoň 40° nad obzorem, jako malý kotouček tvaru skoro znatelné kruhové tečky. Jde o tzv. ohybový kotouček. U jasných stálic kromě tohoto kotoučku uvidíme, ale až při značném relativním zvětšení, ještě navíc s ním soustředný slabý kroužek, tzv. ohybový kroužek. Jde přitom o jevy již vůči objektu neskutečné a plynoucí jen z fyzikální povahy světla za podmínek, připouštějících tzv. ohyb světla. Uvedené ohybové jevy budou vždy o to zřetelnější, oč právě vyšší hodnotu zvětšení použijeme. Dobře pozorovatelné jsou však až při velkých relativních zvětšeních, s hodnotami zhruba dvacetinásobku na jeden centimetr průměru objektivu. Uvědomit si to, je nutné. Pokud by se nám naskýtal možnost současného pozorování stejné hvězdy dalekohledem s objektivem o větším průměru, zhruba od desíti do čtrnácti centimetrů, a z téhož místa, naskýtal by nám v něm již obraz poněkud rozdílný. Především, ohybový kroužek by se již nejevil tak rovnoměrně jasný. To proto, že bychom zpozorovali v něm vytvořená jasnější místa formy jakési kondenzace paprsků, vířících neustále podél obvodu ohybového kruhu. Snad by se nám poštěstilo vidět též i mnohem slabší druhý soustředný ohybový kroužek, byť jen ve zlomkové formě.

¹ Původní článek byl zveřejněn pod stejným názvem v *Říši hvězd* 3, 1957, zde seznal jazykovou úpravu (viz srovnáním tamtéž). Pozn.rev.

Při pozorování ještě větším objektivem, tj. mezi dvaceti a třiceti centimetry průměru, bychom uviděli obraz ještě více rozdílný. V něm by se ohybové kroužky, tj. první, druhý, případně i ještě další, jevily intenzitně již jako zřetelně slabší a též i po částech zlomkovitě vířící neustále kolem ohybového kotoučku. Ten samotný by neustále pozměňoval svůj tvar neutuchajícími deformacemi, proskakujícími do nejrůznějších směrů. Středový kotouček by se vlastně jevil jen jako chvilkami patrný, povšechně by již dával dojmem typicky permanentně mihotavé skvrnky.

U průměru objektivu ještě většího, tedy nad čtyřicet centimetrů, a opět za dodržené hodnoty relativního zvětšení, by ohybový kotouček i s ohybovými kroužky, již ztratily svou rozeznatelnost zcela. Hvězda pak získává jakoby „planetární“ vzhled, jeví se jen malým okrouhlým terčem, omezeným nezřetelným a neklidným okrajem.

Popsaná vlastnost charakteristického rozdělení ohybových jevů objektivu, v závislosti na zesilující se turbulenci vzduchu, má tendenci přecházet k menším průměrům objektivů. Naopak, zklidněný vzduch, turbulence takřka již prostý, přesune ideálnost zobrazení stálce až za oblasti značných průměrů objektivů. Odhady stavu turbulence lze nejlíp posuzovat z ohybových zobrazení stálic, o relativní jasnosti kolem druhé magnitudy.

Je zcela pochopitelné, že abnormálnost popsaných ohybových jevů se musí nepříznivě projevat jak při pozorování velmi blízkých dvojhvězd, tak na viditelnosti málo kontrastních detailů planetárních povrchů. Jsou-li viditelné vůbec za větší turbulence, jeví se pak značně neurčitě a nejistě. Dojde-li k většímu zhoršení viditelnosti, vyplatí se nám pozorování přerušit až na několik hodin, ba často bývá lepší vyčkat až na další, příznivější noc.

Pro stejný čas a shodné místo roste vliv efektu vzdušné turbulence s klesající výškou nad obzorem. Proto máme pranepatrnou naději vidět dobře objekt při menší výšce nad obzorem, než činí asi 40° . Odhlédneme-li od dalších zvláštních efektů, bývá lom světla doprovázen *rozkladem bílého světla*, čili jeho *disperzí* do různých barev. Velmi jasné hvězdy u obzoru, typicky pak Sirius, vyzařují simultánně do několika spektrálních barev, což se v dalekohledu projevuje výškově rozdílně zabarvenými okraji obrazu planety či ohybového kotoučku stálce (červená proti modré). Přitom u zenitu nenarazíme na podobné chování bodového zářiče vůbec.

Poměrně značná turbulence, a pro naše krajiny obvyklá, znemožňuje praktické využívání rozlišovací schopnosti velkopřůměrových objektivů. Reflektory bývají proti refraktorům stejného průměru objektivu za stejných podmínek poněkud v nevýhodě. Zastínění hlavního zrcadla sekundárním zrcátkem poněkud degraduje projev rozlišovací schopnosti primárního zrcadla (viz předchozí paragraf).

Samo vakuové napaření hliníku na optickou plochu zrcadla bývá často nedokonalé, již pro samotnou podstatu této metody, či způsob její aplikace. Naznačme okolnosti: převážně je nemožné pro optickou plochu umístit zdroj napařovacího materiálu do jejího průměrného středu křivosti. To platí v principu pro konvexní či rovinné typy vždy. Jindy nemusí být optická plocha dostatečně úspěšně vyleštěná, či pro své stáří, opakovaná častá pokovování, nebo dlouhodobá působení mnohdy agresivních atmosférických nečistot, bývá poloslepá a ze všeho nejvíce by vyžadovala právě odborné přeleštění např. své přesné parabolické plochy. To nebývá pro amatéra až tak triviální problém. Dále, okamžitý tlak v evaporačním zvonu může, v okamžicích procesu napařování, být i nadkritický a zkracovat tak potřebnou střední volnou dráhu „rozprašovaných“ částíček hliníku pod únosnou mez a potažmo tím znehodnotit odrazivost, či strukturu, reflexní vrstvy. Popsané stavy degradují kvalitu hliníkových vrstev silně. Proto, v důsledku podobných i jiných potíží, mívají zrcadla své optické odrazné plochy zatíženější vyšší úrovní rozptylu světla. Teoreticky se to v reflektorech projeví vždy a prakticky, bohužel, též velmi často: prosvětlením pozadí obrazu a tím i snížením jejich kontrastů v přímém dopadu na snížení kvality zobrazení detailů, tj. definice zobrazení objektů, jako takové.

Velmi často dává otevřený tubus příležitost vzniku lokální tubusové turbulence vzduchu. Za příznivých okolností bývá vliv těchto vad nepatrný, ba i neznatelný. Uvědomíme-li si však, že zrcadlo bývá často z obyčejného a dosti tlustého zrcadlového skla, nepřekvapí nás, že, v porovnání s čočkovým objektivem, bývá značně citlivější na změny teploty. Proto klesá-li výrazněji během večera teplota, následuje bezprostředně i sférické překorigování optické plochy tohoto zrcadla. Eliminujme tuto vadu ihned na samém počátku výroby dalekohledu zcela zásadně, pomocí volby vhodného skla o co nejmenším koeficientu tepelné roztažnosti, lze-li to! Na mysli mám především skla borosilikátová, tedy skla o velkém obsahu kyslíčnicku křemičitého, jako např. Pyrex či Tempax. Uvědomme si skutečnost, že hmota zrcadlového skleněného bloku nevychladá objemově rovnoměrně, jako by tomu bylo např. v hypotetickém případě, kdy by bylo sklo dokonalým tepelným vodičem. Namísto toho je sklo materiálem tepelně zcela nedostatečně vodivým a proto se u něj typicky přednostně teplotně vyrovnávají jeho tenčí části či vrstvy a tlustší zůstávají naopak na dlouhou dobu tvarově deformovány. To se projevuje především v obvodových částech zrcadla dobře známým „*efektem okraje*“ Ten bývá u skleněných bloků zrcadla větších průměrů, i značnějších tloušťek, markantní. Protikladně si zase velká náchylnost příliš „tenkých“ zrcadel (v poměru ke svým průměrům) k deformacím jejich tvaru vynucuje naopak značnou tloušťku disku. A tak si u zrcadel velkých průměrů vyžadují procesy vyrovnávání teplot v objemu ce-

lého zrcadlového disku, a tím i „náprava od nekvalitní plochy na tu prvotně kvalitní“, prodlevy doslovně „mnoha hodin“. Změní-li vnější teplotní podmínky na vhodné a disk zrcadla se teplotně vyrovná, efekt okraje zmizí a optická plocha zrcadla plní základní bod uspokojivého zobrazení. Vhodné podmínky jsou svým výskytem ale výjimečné. A dojde-li k nim přeci jen, čekaný kvalitní obraz vesměs znatelně pokazí turbulence vyšších vrstev atmosféry. Aplikace speciálních materiálů zrcadel¹ jsou ekonomické vždy, svou vrozenou schopností eliminace „efektů okraje“, znamenajícího jen znekválitňující dočasné a nepredikovatelné „poruchy“ optických ploch reflektorů.

Šestnácticentimetrové objektivy lze v našich krajinách využívat v plném rozlišení jen výjimečně, pro již zmíněný neuspokojivý stav vyšších vrstev ovzduší, tj. běžně špatným astroklimatem jejich lokalit. Ke stírání detailů na planetách stačí přítomnost i jen malé turbulence. Dostačujícím kritériem zjištění naprostého klidu ve výškovém profilu zemské atmosféry nebývá ještě ostrý, či vcelku klidný obrys planety. *Vzhled a chování hvězdy asi druhé magnitudy, jsoucí ve zhruba shodné výšce námi pozorované planety nad obzorem, vypovídá při velkém relativním zvětšení o klidu atmosféry nejměrodatněji. Proto, jeví-li se taková hvězda jako klidná kruhová tečka s prvním ohybovým kroužkem stálým a stejnoměrně jasným, lze od dalekohledu očekávat u obtížných objektů takřka plný výkon.*

Korektní označení „práce s ideálním rozlišením“ předpokládá existenci stavu, v němž jsou všechny ohybové kroužky naší stálice zcela stálé. Předpoklad o dokonalé kvalitě objektivu je ovšem samozřejmý. Abych podobný stav lépe ilustroval, cituji zkušenost mého přítele Dr. Karla Hermanna-Otavského z pozorování mnou zhotoveným 155 milimetrovým achromatickým objektivem: „V noci dne 3. března 1948 jsem si připravil dalekohled k obvyklému pozorování Marsu. Byl jsem překvapen množstvím detailů, které jsem nikdy předtím neviděl. I kanály tam byly. Aspoň světlé krajiny byly skutečně pokryty jakousi sítí, připomínající slavné kanály Schiaparelliho ...“. Nechci se zde dotýkat otázky kanálů, které někteří významní pozorovatelé stále kreslí, jiní stejně významní naopak zase ne. Příklad je ale poučný především v tom ohledu, že upozorňuje na výjimečnost dokonalého stavu ovzduší i pro středně velké přístroje. Je totiž jisté, že v uvedeném čase vzduch, pro tak velký objektiv, nesporně klidný byl. Prokazuje též, že běžná turbulence, jež právě znemožňuje spolehlivou viditelnost těch nejjemnějších detailů obrazu v dalekohledu, poklesla v uvedeném čase výrazně pod svou běžnou úroveň.

Neuspokojivý výkon reflektorů plyne prvořadě z toho, že pozorovatelé zpravidla disponují jak refraktory malých průměrů, tak naopak ale obvykle reflektory s průměry, nejčastěji parabolických zrcadel, nesrovnatelně většími. Zdanlivou méněcennost pak nezpůsobují specifické horší vlastnosti typu dalekohledu zrcadlového jako takové, ale přičiňují se o to, především, jejich zpravidla vžitě velké průměry. Větší refraktory, a to praxe jasně prokazuje, jsou shodně náchylné na atmosférický neklid, i na jeho důsledky, jako i reflektory. Obecně platí, že výkon dalekohledů hlavně sužují atmosférické proudy značně rozdílné teplého vzduchu během procesu teplotního vyrovnávání vzdušných mas, ať již lokálních či globálních. Vzpomínám si, že jsem četl kdesi o snaze systematicky pozorovat Mars, či planety vůbec, ze Smíchova Zeissovým dalekohledem Astronomického ústavu Univerzity Karlovy. Výsledek snah omlouvalo resumé tím, že přístroj byl k těmto účelům nevhodný. Šlo tak o výše zmíněný nekriticky utkvělý a neprovořený mylný pocit profesionálů. Přístroj světově renomované firmy vyhoví rozumným účelům vždy, šlo jen o ovzduší pražského Smíchova, to jemné pozorovatelské práci nesporně, svou běžnou nekvalitou, odporovalo.

Výkon reflektorů je možné často vylepšovat, mimo již zmíněnou volbu vhodného skla určeného pro výrobu jeho zrcadla, i vhodnou úpravou tubusu. Všeobecně se doporučuje vyrábět tubus z tepelně nevodivého materiálu, např. ze dřeva, pertinaxu, a též umožňovat větrání v oblasti hlavního zrcadla. Kovový tubus otápetujte zevnitř korkovou „dýhou“ o tloušťce asi dvou milimetrů. Užíváte-li příčkový, tj. skeletový tubus, zdá se, že prouděním vzduchu tubusem bez zábran snadno zrcadla teplotně vyrovnáváme. Většina velkých reflektorů příčkový tubus má. Nicméně má zkušenost říká, že skeletový tubus je za některých situací nevhodný. Při určitém směru větru může teplý vzduch, stoupající z nepokrytých částí těla, proudit příčkovým tubusem až tak nešťastně, že „sám vyrábí lokální turbulenci“. Stav jsem pozoroval s třiceticentimetrovým dalekohledem nade všechnu pochybnost. Při vhodné úpravě pokusu Foucaultovou zkouškou na jasnou stálici, promítanou za klidného vzduchu do ohniska, bylo vidět proud teplého vzduchu, vystupující přímo z nepokryté dlaně ruky, zcela zřetelně. Po pokrytí spodní a další mně přivrácené strany tubusu papírem, jev již nebyl postřehnutelný. O to snadněji současná přítomnost mnoha lidí v kopuli může na dalekohled rušivě zapůsobit. Domky s odsuvnou střechou by byly k těmto účelům jistě vhodnější, kdyby právě volný průtah nárazového větru, naopak, dalekohled včetně montáže, někdy nerozechvíval. Odrazné zrcátko s ohledem na již zmíněné snížení ohybových jevů by mělo být jistě co nejmenší. To lze provést jen pokud případné průvodní vignetace nám nenaruší naše pozorovatelské záměry. Velikost zrcátka ale nesmí být až tak malá, aby ve své poloze neodráželo marginální paprsky ohniskového konusu paprsků a nezmenšilo tak vstupní pupilu stroje.

¹ k nim později navíc přibýly keramizované skelné kompozice typu Sital, Siderit a podobně, s nulovým koeficientem dilatace. Pozn.rev.

Zvažujeme-li poněkud rozdílnou rozlišovací schopnost reflektorů a refraktorů¹, zmiňme se při tom o rozlišovací schopnosti dalekohledů všeobecněji. Především nebývá vesměs známo, že rozlišovací schopnost dalekohledů na dvojhvězdy má zcela jiný aspekt než na kontrastní planetární detaily. Dosti dobře sluchitelné nejsou. Ohybové efekty clonění primáru sekundárem zvyšují jasnost prvního ohybového kroužku na úkor téhož kotoučku. Ten se projeví jako menší, což v jistém směru podpoří lepší rozlišení těsných dvojhvězd, ve shodě s otvorovou vadou objektivu refraktoru. Obě vyjmenované vlastnosti ale naopak zmenší rozlišovací schopnost nektrastních detailů povrchů planet. Žádný rozdíl mezi dokonalým zrcadlem a dokonalým achromatickým objektivem prakticky neexistuje však, je-li ovšem stav posuzován za mimořádně klidného ovzduší a je-li odrazné zrcátko vhodně malé, tj. má-li průměr, jenž je nanejvýš jednou čtvrtinou průměru hlavního zrcadla. Z toho plyne, že *stará a trvale tradovaná zkouška rozlišovací schopnosti objektivu na dvojhvězdách postrádá, sama o sobě, racionální jádro*. Objektiv s otvorovou vadou může dvojhvězdy rozlišovat skvěle, ale při rozlišování planetárních detailů může zcela selhávat.

To nás přivedlo k otázce: jak zjistit kvalitu daného objektivu? Především opěť neznalým, že sebemenší vadu objektivu lze bezpečně zjistit za podmínek naprosto klidného stavu zemské atmosféry, a to zásadně ze vzhladu extrafokálních obrazů stálce druhé magnitudy. Jde nám tu o vzhled jejího obrazu, získaný nepatrným posunem okuláru před či za ohnisko objektivu, samozřejmě za použití velkého relativního zvětšení. Jde o zkoušku velice citlivou, umožňující zpozorovat i takové náznaky vad, jejichž nepatrnost se prakticky nemůže na kvalitě zobrazení citelně ani projevit a tedy pro amatéra větší význam nemá. Specialista, který měl příležitost pozorovat extrafokální projevy velkého počtu objektivů a laboratorně je měřil, i rozvažil, umí kvalitu konkrétního objektivu z extrafokálních obrazců odvodit nečekaně dobře. Koupě i prodej objektivů tak zůstane nadále věcí obapolné serióznosti zúčastněných.

Pojednejme o neklidu zemské atmosféry z hlediska příznivých opozic planety Mars. V našich krajích, tj. o vyšších severních zeměpisných šířkách, jsou příznivé opozice, svou za nich typicky malou výškou Marsu nad jižním obzorem, vlastně nepříznivé, hlavně pro vždy s nimi spojenou turbulenci vzduchu. Pozoroval-li zájemce dosud jen malým přístrojem, pak pokud si pro ni velký dalekohled opatřil, a na Mars i skutečně zaostřil, nutně musel být výsledkem krutě rozčarován. V typických ostravských poměrech bývají mimořádně nepříznivé pozorovací podmínky hlavně v létě, kdy zde pravidelně panuje značná vzdušná turbulence. Na zdejší lidové hvězdárně jsme dvaceticeentimetrovým reflektorem neviděli zhora nic hodné zakreslení, neboť nám již typicky přibyl i zdroj výrazné a neodstranitelné lokální turbulence. Ten se projevil výrazným neklidem vzduchu, pozorovaným námi i ve větších výškách nad obzorem, což jsem zjistil až dodatečně doma z porovnání s výsledky stejně velkého přístroje, umístěného v mnohem příznivějších pozorovacích podmínkách. Z mých osobních zkušeností, i podle zjištění mých přátel, bylo možné popisovaný stav udat tak, že detaily, viditelné většími průměry objektivů, než šest centimetrů, nebyly zhora o nic bohatší nežli ty, viditelné oním průměrem. To mne nepřekvapilo. Zkušenost totiž říká, že určité typy turbulence již úroveň podcharakteristických detailů nedají, přes aplikaci sebevětšího objektivu. Pro přístroje malé, i středně velkých průměrů, však existovat zlomky vteřin mohou, za nichž se obraz krátkodobě ustálí a jež zkušený pozorovatel hodnotí tím, že jistý detail zakreslit stihne. Obraz planety pak vzniká postupně, po fázích, i když pozorovatel jej vcelku nikdy okulárem neviděl celostně. Neznalý návštěvník bere takovou kresbu za holou fantazii. U amatérů i to nezřídka bývá.

Dospíváme k otázce: lze obraz dalekohledu při značné turbulenci vylepšit zacloňováním objektivu? Věhlasný francouzský astronom a optik Couder tvrdí, že zacloňování dokonalého objektivu, při špatném stavu atmosféry, nemožné spatřit ty detaily, jež bychom neviděli plným vstupním otvorem. Obraz při zacloňování vypadá snad jen zdánlivě lépe. Turbulence již nepůsobí tak rušivě, tím se i jasnost rušivých ohybových jevů zmenší. Jiní pozorovatelé často zastávají názory jiné a povětšinou tvrdí, že přiměřenost zacloňování objektivu vylepšuje viditelnost detailů, i rozlišení dvojhvězd. Zřejmě i z toho důvodu bývaly ve výbavě větších dalekohledů velké irisové clony, ovladatelné přímo od okulárové pozice. Velikost výstupní pupily dalekohledu hraje pak významnou roli: jako nejvhodnější se jeví hodnota přibližně jednoho milimetru. To odpovídá zhruba desetinásobnému zvětšení na jeden centimetr průměru objektivu či, jeho clony. Takové relativní zvětšení umožní normálnímu lidskému oku vidět vše, co lze daným dalekohledem spatřit. Z důvodu větší pohodlnosti vidění se někdy přejde k relativnímu zvětšení patnáctinásobnému, zatímco u dvacetinásobného se již počíná nepříznivě projevovat fyziologická nestejnorodost našeho oka, i okuláru. Navíc, na ne zcela čistých okulárových plochách se rušivě zviditelňují sebemenší prachové částice. Jdeme-li do opačného extrému, tedy k přehnaně velké výstupní pupile malého relativního zvětšení, počnou se projevovat zvýšenou měrou vady oka též a kvalita obrazu jimi utrpí rovněž. Malá relativní zvětšení užíváme při sledování mlhovin, hvězdokup. Únosným kompromisem je hodnota dvaapůlnásobku na jeden centimetr průměru.

Užití clony na vstupní pupile dalekohledu omezuje vlastní výkon ovlivněného přístroje právě v nečekaných a vzácných, avšak náhodně nastalých klidových okamžicích atmosféry, po různě dlouhých intervalech mizerného obrazu. To jsme již uvedli. Neboť citlivě rychlé odclonování objektivu je mechanicky, i fyziologicky, nemožné².

¹ viz podčárník str.120, či nečetli-li jsme ani prvý paragraf této kapitoly o ohybových jevech, projevujících se v dalekohledu (str.117-8).Pozn.rev.

² clona ve vstupní pupile reflektoru nemění rozměr sekundáru, ten pak poměr zacloňování menšího primáru a ohybové jevy navýší.Pozn.rev.

Všeobecně se usuzuje, že lokální vzdušný neklid v reflektorech lze vyřešit uspokojivě plným uzavřením vstupního otvoru tubusu planoparalelní deskou optického skla. Nevím, zda někdo něco podobného realizoval, já sám jsem byl na takový pokus příliš zaneprázdněn. Koupě hotové desky je však záležitost finančně náročná.

S podstatou turbulence vzduchu se můžeme blíže seznámit následujícím experimentem: odstraníme okulár a umístíme oko do ohniskové roviny, v níž se vytváří obraz hvězdy všemi optickými plochami objektivu. Při pohledu naň z ohniskové pozice obrazu hvězdy, jeví se jako zcela prosvětlený. Je-li atmosféra klidná, musí být prosvětlenost objektivu stejnoměrná. U menších objektivů postřehneme za neklidného vzduchu rychlé střídání jasnosti jejich prosvětlení. U průměrů nad třicet centimetrů spatříme na něm rychle se sunoucí stíny zhruba podobné přímým, a stejně tak i rovnoběžným tmavým pruhům. Jde o dynamickou analogii šlír ve skle, o jakési „vzdušné šlíry“. Ty reprezentují vrstvy vzduchu jiné teploty i vlhkosti vůči svému okolí, vyznačující se různými indexy lomu. Vzdálenost i rychlost těchto šlír bývá v různých případech různá. Viditelnost přitom nejvýznamněji narušují šlíry málo od sebe vzdálené a velmi pohyblivé. Jejich průměrná vzdálenost bývá asi deset, dvanáct centimetrů. Ty způsobují již výše popsané deklarování obrazu, v situacích ještě dobré viditelnosti objektivu malých průměrů. U objektivů průměrů větších dochází naopak, v důsledku existence zmíněných šlír, k lomovým a ohybovým jevům. Z různých projevů lze celkově usuzovat, že hlavní příčinou scintilace je výskyt poměrně tenké různorodé vrstvy vzduchu ve výškách kolem čtyř, pěti kilometrů nad povrchem. Směr pohybu vzdušných šlír pak přímo ovlivňuje viditelnost prvotně pruhově formovaných útvarů povrchů planet. Je-li směr pohybu vzdušných šlír rovnoběžný s pruhy, např. s mračnými útvary Jupiterovými, pak ani značnější turbulence jejich dobrou viditelnost výrazněji nenaruší. Je-li směr pohybu šlír naopak k těmto útvarům kolmý, pak pruhy v obraze mohou být, pro stejnou úroveň turbulence, takřka nerozeznatelné.

Popsaný vliv vzdušných šlír však ani zdaleka nemějte za tak uspořádaný, jak jsme jej popsali. Nejspolehlivější kritérium, stanovující stav turbulence, se váže na vzhled hvězdy druhé magnitudy, při velkém relativním zvětšení. To umožňuje i dvěma vzdáleným pozorovatelům dokonce vzájemně srovnávat atmosférické pozorovací podmínky daného okamžiku i místa, a to dostatečně přesně. Dalším důležitým předpokladem pro takové srovnávání je nutně stejný průměr objektivu, či jeho zaclonění. Běžně užíváme škálu kvality viditelnosti o deseti stupních odhadu, kdy prvnímú stupni odpovídá zcela špatný stav atmosféry a naopak desátému stupni odpovídá prakticky neexistující naprostý vzdušný klid. V našich krajinách obvykle tento poslední případ velmi brzy následuje západ Slunce a předchází soumrak. Tou dobou se naskytá obvykle příležitost mimořádné viditelnosti Měsíce i jasných planet, splňují-li navíc i dodatečnou podmínku jejich dostatečné výšky nad obzorem.

Rovněž mimořádně vhodné pozorovací noci bývají při stejnoměrně slabém zamlžení oblohy. Tehdy prosté oko sice vidí hvězdy sotva čtvrté magnitudy, ale charakteru pozorování Měsíce či planet to vůbec nevádí, ba naopak, rozlišitelnosti jejich povrchových detailů to jednoznačně prospívá. Během těchto pozorovatelsky velmi výjimečných nocí bývá vzduch dostatečně kvalitní i pro třiceticentimetrové zrcadlo. Já sám jsem za takové situace viděl Polárku coby klidnou kruhovou tečku, s prvním ohybovým kroužkem chvílemi stálým, při použitím pětisetnásobném zvětšení. Považuji jako zcela vyloučené, aby atmosféra vůbec někdy byla dostatečně dobrá pro zrcadla průměrů ještě znatelně větších, tedy nad čtyřicet centimetrů. Jistě není daleko od pravdy tvrzení, že anglický astronom, vlastník velkého refraktoru výborných kvalit, doznal na konci své celoživotní dráhy, že jím viděl během patnáctiletého pozorovacího údobí výborně všehovšudy jedinkrát. Tolik o Anglii, známé nepřízní počasí. Naopak, existují lokality s častými ideálními atmosférickými podmínkami i pro dalekohledy o velkých vstupních pupilách. Jde o pravé ráje astronomů, např. tak jedinečným místem světa je pyrenejský vrchol Pic du Midi, zcela zastavěný věhlasnou vysokohorskou observatoří. Na něm se časem plně uplatní nepochybně i přístroj apertury stovceticentimetrové.

Můžeme proto uvést souhrn těchto faktů: především nelze kvalitu velkého objektivu osvědčit pouhým jediným pozorováním. Je-li takové posouzení objektivně nutné, potom je nezbytné je realizovat jen za zcela bezvadných nočních atmosférických podmínek. Praxe vykazuje, že někdy ani v časovém horizontu několika let se takové nevyskytnou. Proto *za základ stanovení kvality optických ploch i užitého výrobního materiálu slouží zásadně detailní laboratorní zkoušky, nutně podložené fundovanými měřeními*. Zrcadlo určené výhradně k fotografickým pracím požaduje rovněž jako směrodatnou zkoušku i fotografický test. Platí navíc, že lze rozpoznat *in situ* hrubé vady objektivu, tj. během noci i dokonce i při poměrně neklidné atmosféře. Stejně tak lze určit v těchto situacích i hrubé prohřešky vycentrování, tedy justáže optického systému, i důsledky špatného uložení primárního, či sekundárního zrcadla.

Platí *důležitá zásada*: od velkých objektivů, a hlavně od zrcadel, nelze nikdy *a priori* očekávat kvalitu jejich teoretických hodnot, šlo by o skutečný zázrak a ty, jak víme, se vesměs nekonají. Smířme se proto s tím a uzejme následující dogma praktické reality: *teoretické rozlišení velkopřůměrových objektivů nelze u nás nikdy ideálně využít*.

V jednom ohledu je však výkon velkých zrcadel nepřekonatelný. Jde o viditelnost slabých hvězd a mlhovin, pro něž je objektiv „sběračem“ světelných paprsků objektů. Pohled velikým reflektorem o relativním zvětšení dvoj-

až tří- násobném na centimetr průměru objektivu, je působivý, navíc mimořádně. I když i zde vystupuje neklid vzduchu, je jeho vliv na kvalitu obrazu, oproti situacím s maximalisticky pojatým zvětšením, vpravdě mizivý.

Z důvodů přehlednosti uvádím jednoduchou stupnici kvality odhadu viditelnosti, podle vzhledu ohybových efektů hvězd druhé magnitudy. Závisí na průměru objektivu, i na výšce hvězdy nad obzorem:

1. velmi špatná viditelnost - ohybový kotouček i ohybové kroužky jsou neznatelné, hvězda se jeví jako světlá skvrnka průměru až čtyřikrát většího než má ohybový kotouček
2. převážně špatná viditelnost - ohybový kotouček chvílemi znatelný, ohybové kroužky občas viditelné
3. převážně dobrá viditelnost - ohybový kotouček stále viditelný, a to někdy zcela ostře, jinak ve zlomcích
4. dobrá viditelnost - ohybový kotouček je soustavně dobře viditelný, první ohybový kroužek je chvílemi stálý, ostatní jsou vidět ve zlomcích
5. velmi dobrá viditelnost - první ohybový kroužek je soustavně stálý a ostatní jsou chvílemi stálé.
6. dokonalá viditelnost - jde o zcela výjimečný stav: viditelné ohybové kroužky jsou stálé. Větší počet ohybových kroužků dosti jasných hvězd ukazují jen velké objektivy.

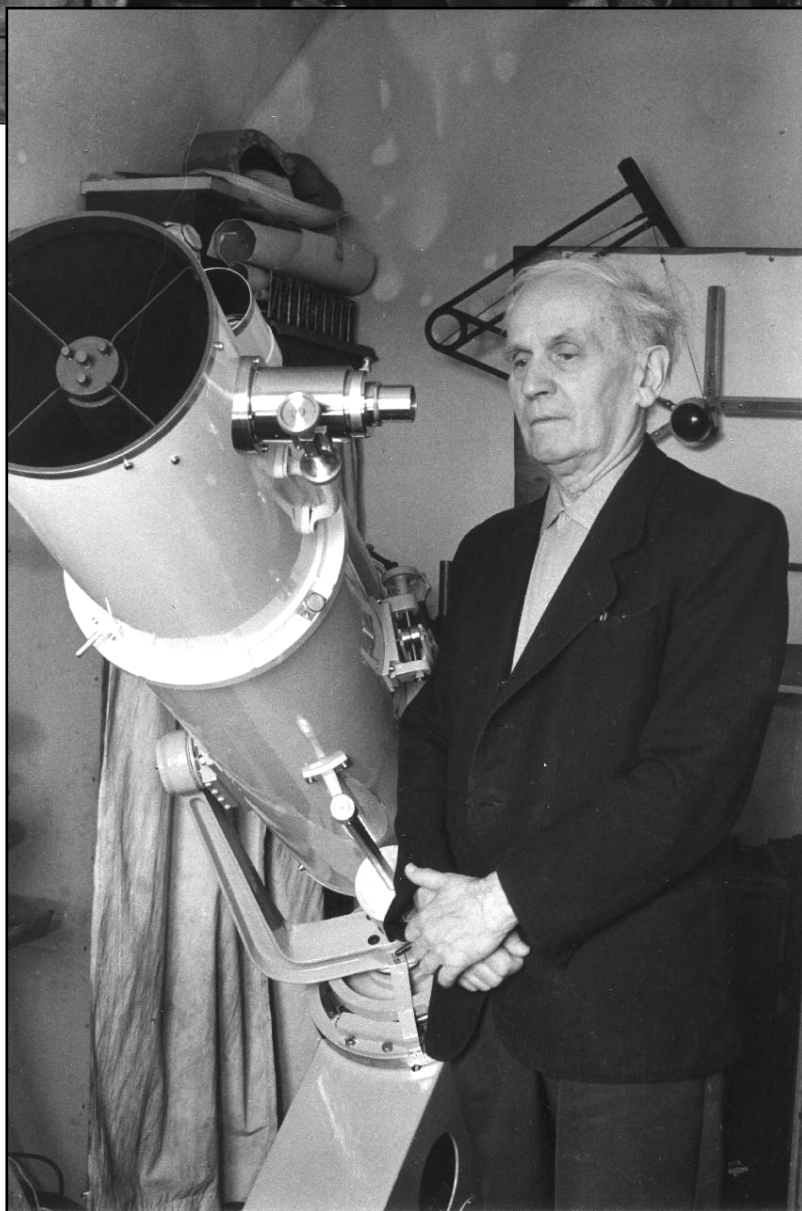


Oblastní hvězdárna Ostrava, 29.9.1957, uvedení refraktoru 160/2400 s koronografem do provozu. Zleva stojí pánové: F. Kozelský (konstruktér dalekohledu), JUDr.K.Hermann-Otavský (konstruktér koronografu) a prof.Ing.V.Gajdušek (autor veškeré optiky).



Snímek ze slavnosti otevření Lidové hvězdárny v Jindřichově Hradci dne 18. června 1961, podepsaný panem profesorem Miroslavem Neuwirthem (ruce vlevo). Ve středu snímku stojí pan Doc. Vladimír Guth, prof. Ing. Vilém Gajdušek a pan František Kozelský jsou situováni v popředí pravé strany fotografie. Symetricky k nim pak předseda MNV Jindřichův Hradec Zeman a hovoří předseda Osvětové Besedy města, Rudolf Regentík. Pozadí zprava: Štícha ml., Chmelík Jiří a Josef Čech, tehdejší školský inspektor v Jindřichově Hradci.

Poslední fotografie již vážně nemocného pana profesora Ing. Viléma Gajduška z července r. 1976, zachycující jej u panem Kozelským renovovaného reflektoru karlovarské Lidové hvězdárny ve vybavené mechanické minidílně 1. patra rodinného domku manželů Kozelských ve Staré Bělé. Celý závěr života manželské dvojice Gajduškových již šel do svého finále nejspíš pro důvěřivost obou k úřednímu naléhání s přemlouváním, aby pro praktickou slepotu paní Gajduškové opustili po léta jimi obývaný byt v Revoluční ulici a přemístili se do malého bytu, analogie dnešního domova důchodců. Učinili tak s jistým zdráháním po nějaké době, jen na 4 roky. Ukázalo se totiž, že rozdílný jeho interiér vedl u již nevidoucí paní Gajduškové k totální ztrátě její orientace, končící její až netečnou pasivitou, nepřímou se přenášející i na osobnost pana Profesora neblahými dopady rovněž. Oba pak zemřeli v lednu roku 1977, on v krátkém údobí za svou paní dne 22. ledna v 17 hodin na srdeční záchvat tak, že se jeho pohřeb konal v ostravských Vítkovicích 27. v 16 hodin. Obě úmrtí hluboce zapůsobila na manžele Kozelské, což z autentických vět, čtených mi Mistrem z diáře, jednoznačně cítit bylo, ač pana Profesora přežil o více nežli 27 let.



Příloha 1.

Vlastní stručný životopis prof. Ing. Viléma Gajduška.

Narodil jsem se 16. dubna 1895, v Kopřivnici na Moravě. Tam jsem strávil své krásné a šťastné dětství. Je-li to ten večer, jenž vlastně rozhodl o mnohém dalším v mém životě. Probudil ve mně tak mocný zájem, že od té události jsem po volných chvílích, během dlouhých let, nepomýšlel takřka na nic jiného. Mým vroucným přáním těch dob, samosebou nesplnitelným, jež se mi zřetelně dodnes vybavuje, bylo většině lidí lapidární promýšlení: „Kéž bych tak mohl mít svůj vlastní, alespoň i takový dalekohled...“. Kdybych jen byl býval věděl to, k čemu jsem dospěl až třicet let později, totiž ten fakt, že dobrý astronomický dalekohled jsem schopen udělat si vlastně sám vlastníma rukama, snad by se byl můj život utvářel i naprosto rozdílně. Samozřejmě, že onoho rozhodujícího večera se ve mně spoluprobudila též i hlubokost zájmu o optiku. A již zanedlouho mi hojně radosti, v pro mne novém světě jejího oboru, poskytovala jakási „camera lucida“, zhotovená mnou z velké krabice od čínského čaje, jen ‘na koleně’. Osadil jsem ji prostou čočkou, též i zrcadlem odchýleným od její optické osy, to pro stranový pohled. Obrázky jí ukazované v potměšlém pokoji na matné sklo, samy barevné, tu a tam i v pohybu za šťastných mžitek čarovných záběrů mých venku hemžících se kamarádů, dosud paměti mi podvědomě bloudívají.

Nastal rok 1910, s výskytem dvou krásných, jasných a velkých komet, vzbudivších zájem i mého tatínka natolik, že mi zakoupil malý terestrický dalekohled s objektivem o průměru 25 milimetrů, opatřený jen asi desetinásobným zvětšením. Ihned jsem si ten nepatrný přístroj upravil. Tím, že mi mohl zvětšovat až asi třicetkrát, přidal mi velkou radost a též i přechodně tím výsledkem dodal to mé sebeuspokojení, jež jsem již potom nedokázal pocítit ani u mnohem větších svých dalekohledů. Míval jsem malý pokojík sám pro sebe, i v tom jsem měl značné štěstí. Mohl jsem si totiž vstávat za noci kdykoli, aniž bych při tom někoho nějak rušením budil. Často jsem býval vzhůru až do jedné, ba až do dvou hodin po půlnoci a pozoroval při tom oblohu ze zahrady našeho domku velmi pilně, jak pouhým okem, tak i mým dalekohledem. Dodnes si živě vzpomínám na ty kouzelně krásné noci strávené pod hvězdnou oblohou. Dosud mi z uší nevymizely, naopak stále mi v nich dosud zvučí, koncerty žab, provozované z blízkých tůní, jež uměly tak podivuhodně doplňovat mou převážně sváteční náladu, jaksi vlastní těm mnou milovaným okamžikům. Záhy jsem zvládl rozeznávání všech souhvězdí a na Měsíci jsem ovládal zhruba stovku podrobností. Ty jsem mohl kdykoli kreslit i popaměti. K tomu se navíc šťastně přidružil i můj zájem o matematiku. Do konce posledního ročníku reálky jsem zvládl velmi slušně základy diferenciálního i integrálního počtu, zhruba v rozsahu tehdejších přednášek prvních dvou ročníků Vysoké školy technické. Šlo tu o další z mých vášní, po léta mne věrně neopustivší. Po maturitě na reálném gymnáziu v roce 1914, dal jsem se zapsat na Vysokou školu technickou, na zeměměřičství. Tou dobou jsem již měl v oblíbě přesná měření a tím si i přiblížil náplň jeho studia samého, oborově bližšího astronomické problematice. Žádný technický obor nevzbuzoval zatím můj zájem.

Propukla však první světová válka a já musel, během března roku 1915, narukovat. Bylo pro mne značným štěstím, že jsem unikl přímému nasazení na frontu v tom, když osudově se mi podařilo vyhnout se jí. Po superarbitraci jsem šťastně byl po tři roky zařazen do kanceláří. Má výborná znalost němčiny se osvědčila až tak, že jsem se záhy stal pro kancelář „těžce postradatelný“ s důsledkem vděčným: svého nasazení na frontu jsem se bát ani nemusel, což mi uvolnilo ruce k pokračování samostudia matematiky i fyziky. Též i filosofie dokonce silně poutala můj zájem. Nejspíš snad tím, že dřív, za studií reálného gymnázia, jsme se o ní téměř ničeho nedozvěděli.

Převrat roku 1918 posílil mé rozhodnutí skoncovat se studiem geodézie. Z čistě existenčních důvodů jsem se nechal zapsat ke studiu chemie, když i ta mne za času gymnaziálního studia silně zajímala. Doma jsem si zařídil malou laboratoř na četné chemické pokusy, mnou samostatně prováděné. Jednak utvrzovaly a též i prohlubovaly mé běžné znalosti, získané školou. Nicméně, ani během těchto dlouhých vysokoškolských prázdnin jsem neustal s vůlí, astronomii zcela se oddávat. Poštěstilo se mi opatřit si navíc i dalekohled s pěticentimetrovým objektivem a tak jsem každou jasnou noc trávil pozorováním, i měřením, pozic planet. Například jsem se věnoval sledování pohybu planety Uran mezi hvězdami pomocí Bradleyova kříže, jež jsem si napjal do ohniskové roviny okuláru.

Po složení druhé státní zkoušky jsem se s nelibostí dovítí, že má šance, jako chemického inženýra bez protekce, zrovna se v životě zdařileji uplatnit, je mizivá. Po demobilizaci, končící válku, jsme zuřivě doháněli studia a po nich nás v mém oboru absolvovalo asi pět set najednou, všechno jen bývalí vojáci. V tom byl i pravý důvod, proč jsem s povděkem a s úlevou přijal místo smluvního profesora chemie moravskoostravského gymnázia. Umocnil to i milý fakt, že v Ostravě působila má budoucí manželka, jako učitelka měšťanky. V zápětí jsme též uzavřeli sňatek.

Tou dobou, i v letech následujících, jsem propadl zcela radiotechnice. Radioamatérem jsem se stal, pravda, zuřivým, dnes však čas tomu věnovaný posuzuji jako zcela zmarňený. Cizí jazyky mne zaujaly krátce nato, já studiem italštiny a angličtiny strávil mnoho let ale myslím si, že oproti rádiu prospěšněji. Znalost hlavních evropských jazyků mi později citelně ulehčila život a výrazně podpořila též mé odborné práce v mé staré vášni, v optice.

Nikdy později jsem nelitoval toho, že jsem si, po doplnění příslušných zkoušek z matematiky a fyziky, zvolil za svou definitivní životní profesi právě učitelství na středních školách. Oproti jiným zaměstnáním mělo vsutku, při malém počtu vyučovacích hodin, také to nesporné plus, že volná odpoledne mi umožnila věnovat se, a zpravidla zcela nerušeně, svým tak mnoha koníčkům.

Po několik let jsem pak lehce pozapomněl na existenci astronomie. A to až do té doby, než škola, na níž jsem vyučoval, zakoupila, z mého popudu, krásný a paralakticky montovaný osmicentimetrový refraktor. Ten mou dávnou zálibu o astronomii zase oprášil. Později jsem si zakoupil vlastní objektiv o průměru devadesátipět milimetrů u firmy Busch. Dílny průmyslové školy mi k němu zhotovily pěknou montáž. Objektiv se ale ukázal být velmi nekvalitní. Asi jednorozhodný korespondenční tahač s firmou Busch, o to aby mi již oprávněnou reklamaci uznala, se mi vyplatila a já jsem od ní záhy nato obdržel nový objektiv. Ten byl konečně zcela bezvadný. A mezitím, konečně, mně náhoda dopřála se dovědět a poučit o amatérské výrobě astronomických zrcadel.

Jednou jsme měli se svým kolegou, profesorem Chocholou, něco k práci v knihovně našeho gymnázia. Mimoděk se mi myslí mihla upomínka toho, že jsem se tam, v seznámení jakési literatury kdysi rutinně, tedy zcela bez zaměření zvláštní pozornosti, oťel očima o téměř mystický titul knihy „Über Selbstherrstellung eines Spiegelteleskops“. Tu informaci, ukotvenou, nevím proč, záhadně v mém podvědomí, jsem, dnes nevím ani jak, vypustil z nitra bezděčnou formou otázky. Kolega Chochola se pousmál, vztáhl ruku a podal mi „v ten šup“ knihu mnou zmíněnou z knihovny po svém boku. Nebyla to snad ani vteřina k nástupu momentu, znamenajícího pravý středobod zásadního obratu běhu celého mého života. O něco později jsem poznal ještě jinou knihu s touto tematikou. Té první byl autorem, tuším, Hrudy, autora i název té druhé knihy jsem již zapomněl, snad se jmenoval dr. Miette. Knihy dobré to ale nebyly. A to v nejrůznějších ohledech. K práci jsem se však odhodlal a své první zrcadlo, o průměru šestnácti centimetrů a o ohniskové vzdálenosti 160cm, jsem opravdu brousit začal. Ale trvalo to velice dlouho, než jsem toto své první zrcadlo zdárně dokončit dokázal. Jeho úspěšné vyleštění nebralo totiž stále konců. Samozřejmě, dávno již znám příčinu těch trablů. Bylo nedostatečné jemně vybroušené. Vím též i to, že šlo o pouhé neporozumění, o záměnu. Český výrobce, továrna z Benátek nad Jizerou, prodával své nejjemnější druhy smirku i karborunda, jak jsem časem zjistil, bezdůvodně značené pěti-, deseti-, třiceti-, i šedesátiminutové. Obě knihy, při popisu plavení smirku na touto metodou získávané jeho nejjemnější plavené frakce, označovaly oprávněně terminologií autorů, sice shodně výrazně jemnější a stejnorodější kvalitu frakcí, žel, ale nezaviněně v rozporu se značením frakcí, svévolně naší neko-rektní továrnou zavedeným. Tedy, shoda byla zcela zdánlivá a proto vůbec neplatila. Např. benátský tovární šedesátiminutový druh byl reálně, namísto až nejjemnějšího zrnění smirku vůbec, naopak jen hrubou prachovou všehochutí, neblízkou ani té nejhrubší plavené frakci dvouminutové. Vyleštit tak hrubě „nejjemnější“ přibroušené zrcadlo chce pár měsíců tvrdé práce. Pod „oltář Benátek“ jsem ji téměř celou obětoval!

Mezitím se mně poštěstilo obstarat si výtečnou anglickou knihu Ellisonovu „The Amateur Telescope“. Zrcadlo jsem stále trpělivě přebroušoval, ohnisková délka se tím nadále zkracovala. Závěrem činila hodnotu osmdesáti centimetrů, tedy poloviční oproti mému plánu. Za toho stavu jsem si přec jen uvědomil pravou příčinu mého neúspěchu a šedesátiminutový druh jsem přec jen přeplavil podle knižních návodů, na pár jemných druhů. Od chvíle jejich aplikace šlo mi vyleštění rychle, přes památku několika zlými škrábanci na tu krutou epizodu, jež by méně silné povahy odradila, z optické plochy lehce neodstranitelnými. Metodou „overhanging“ jsem zrcadlo poté zparabolizoval v jediném dnu, a to skvěle. Jeho konečná světelnost je 1:5 a v tom stavu mi poctivě slouží dodnes.

V poměrně krátké době následovala již zrcadla průměrem dvacetimetrová, a to se světelnostmi 1:8, 1:4 a pětadvacetimetrové zrcadlo o světelnosti 1:7. Materiálem bylo nejčastěji sklo „Patex“, produkované Kavalierovou sklárnou v Sázavě. Mělo sice malý koeficient tepelné roztažnosti, jeho chlazení se však za dokonalé vůbec brát nedalo. Jen tím, že jeho vnitřní napětí bývalo symetrické, nešlo tu o závadu těžkou. Optické plochy na nich, po čase pozvolným rozvolňováním vnitřního pnutí, nabraly tím svou mírnou podkorigovanost.

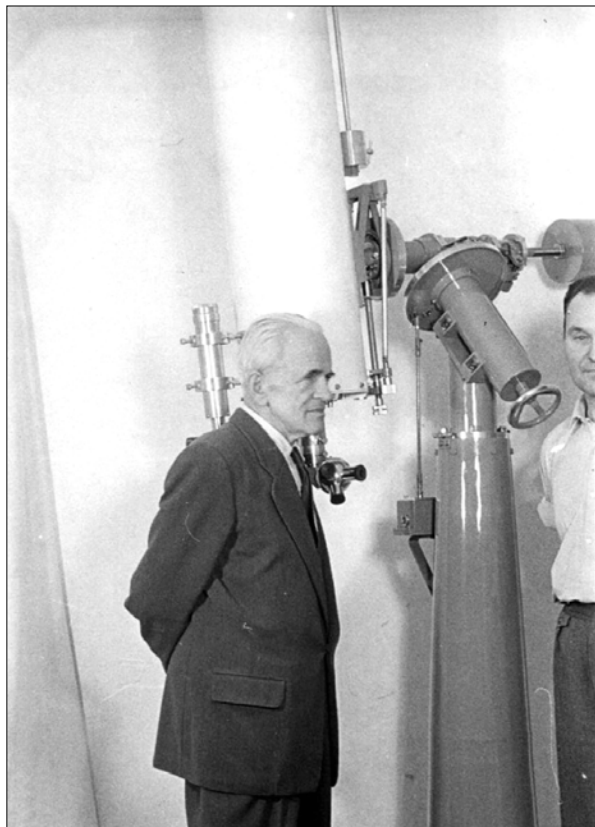
Brzy nato jsem se pustil do Cassegrainova dalekohledu o průměru zrcadla šestnáct centimetrů a o světelnosti 1:2,5, což byla ode mne pořádná odvaha. Reprezentovala navíc též výrobu příslušného hyperbolického zrcadla. Jeho výroba je nesrovnatelně obtížnější, než tomu bývá u zrcadel parabolických. Úspěch mne ale povzbudil. Výsledek byl dost dobrý až na ten drobný nedostatek, nutící mne hlavní zrcadlo přiclinit téměř na čtrnácti-centimetrovou aperturu. Příčina tkvěla v nedokonalě vyrobeném hyperbolickém sekundárním zrcadle. Nešlo to jinak, než si před tím vyrobit dokonalá rovinná zrcadla. První z nich mělo průměr dvanácti centimetrů, později jsem vyrobil dvacet centimetrové a dosáhl jsem přitom přesnosti $\lambda/20$. To byla také pěkná práce! Nesnáze, spojené u mne s výrobou hyperbolických zrcadel - do té doby těžkým oříškem zvláště pro velkopřůměrové a světelné optické systémy, mne přivedly k jinému řešení. Rozhodl jsem se totiž ponechávat sekundární konvexní zrcadla jako přesně kulová a dopočítával jsem si k nim od prvopočátku trigonometricky figury ploch hlavních zrcadel, jež musejí být nutně elipsoidické. Později jsem našel mnohem jednodušší metodu stanovení tvaru optické plochy primárního zrcadla, a to pomocí zcela jednoduché analytické formule. Ing. Rolčík, s nímž jsem se krátce nato seznámil, se mně svěřil, že jeho třicet centimetrový optický systém, pracující na Lidové hvězdárně v Českých Budějovicích, byl vyroben nezávisle na mně shodnou metodou. Od té doby jsem při výrobě Cassegrainových dalekohledů, až na malé výjimky, využíval právě tuto výhodnou modifikaci. Současně jsem počal vyrábět i okuláry Huygensovy a Ramsdenovy. Poté i jiné typy, hojně vlastní konstrukce. Velmi kvalitní bývaly orthoskopické čtyřočkové okuláry, podobné okulárům firmy Carl Zeiss z Jeny. U nich jsem šel až k ohniskové vzdálenosti 2,5 mm. Pak jsem se pustil do výroby achromatických objektivů. Má zrcadla získala proslulost a zdařilo se mi jich vyrobit vcelku mnoho set kusů. Odhaduji, že to platí pro zrcadla až k průměru třiceti centimetrů. Dubletů s průměry osm až dvaceti centimetrů jsem vyrobil víc než jedno sto.

Počátek další světové války vedl k nárůstu zájmu o astronomii. Opatřil jsem si brousící stroj pro výrobu zrcadel do průměru čtyřiceti centimetrů. Předtím jsem totiž získal menší brousící strojek k výrobě okulárů i objektivů až do průměru deseti centimetrů. Protektorát mi umožňoval dovoz optických skel firmy Schott und Gen. z Jeny v Německu, a to bez jakéhokoli omezení. Toho jsem také plně využil. Počal jsem achromatem o průměru 8 centimetrů o ohniskové vzdálenosti 120 centimetrů, výsledek práce byl velmi dobrý. Průmyslová škola mi opět vyrobila montáž a já jsem takto vzniklý celek věnoval panu redaktorovi Bedřichu Čurdovi-Lipovskému, svému dobrému příteli, jehož jsem mezitím „svedl astronomii“. Vzápětí se stal nadšeným propagátorem astronomie a zasloužil se o brzké ustavení astronomické sekce pod Přírodovědeckou společností v Ostravě, jež až v půli 50. let stala pobočkou Československé astronomické společnosti z Prahy. Pro počáteční práci sekce jsme pak získali několik znamenitých lidí. Pořádali jsme jim přednášky a pak i výstavy astronomických přístrojů. Čurda-Lipovský byl výborný organizátor, získával lidi, trvale budil jejich zájem i zapojení. Já mohl pokračovat naopak ve své práci.

Za to, že jsem byl vůbec schopen vyprodukovat tak značná kvanta optiky, vděčím panu Františku Kozelskému, technikovi Vítkovických železáren. Skutečný a vzácný „umělec soustruhu“, sestrojil sám řadu dokonalých montáží k reflektorům až do průměru 30 centimetrů, i k refraktorům do průměru 20 centimetrů. Z mých náčrtků mi zkonstruoval velký brousící stroj, i vedl jeho výrobu ve Vítkovických železárnách. Pana Kozelského vcelku hodnotím tak, že pro mne vyrobil i zprostředkoval věci, jež by mi byly jinak zcela nedostupné. Já jsem se mu odvěčoval, co jsem mohl, i optikou různého druhu. Mám na něj ale podezření, že on, stejně tak jako i já, se ke konci naší spolupráce díval do dalekohledu jen během závěrečných centrování zrcadel, achromatických objektivů, či mechanických uzlů. Stejně jako já seznal nejspíše, že je tvořit, tj. navrhovat a vyrábět, se ukazuje mnohem dobrodružnější, než se jimi dívat, což jsme vzájemně vycítili nitrem oba, k tomu nebylo zapotřebí vyslovených slov.

Druhým mým spolehlivým, i platným spolupracovníkem, býval pro mne Ing. Dr. Jaroslav Klír. Býval to výborný matematik, i neomylný počtář, zachránil mi tím haldu času, již bych vlastně utopil mnohými nejrůznějšími složitými výpočty, mj. prakticky vyloučenými bez vhodných počítaček. Zvláště si jej cením za výpočty achromatických objektivů nad průměr 12 cm. Skvěle ovládal i teorii optických přístrojů. Např. v době, kdy jsem musel zvládnout výrobu kvalitních konvexních hyperbolických zrcadel, našel mi, na můj popud, přibližný vzorec jejich aberací tak, aby se daly měřit Foucaultovou zkouškou odzadu. Jen nalezení vhodné metodiky jej využívající nebylo pro mne nejsnadnější i tak a ještě si spálilo i horu mého času. Dr. Klír byl navíc též znamenitým a vtipným konstruktérem. Též s panem Františkem Kozelským spolupracoval hodně, hlavně nad otázkami celostatů.

Na počátku protektorátu byli Čurda s Dr. Klírem oba zatčeni, uvězněni a po měsíci přec jen propuštěni. Po Heydrichiádě došlo k opakovanému věznění Čurdy, dlouhou dobu pak strávil v koncentračním táboře v Terezíně. Naše společnost se zpočátku sice scházet mohla, ale na našich schůzích se počaly objevovat i nám neznámé osoby a gestapo dokonce počlo kontrolovat naše doklady. Po druhém Čurdově uvěznění se ale činnost spolku zastavila. Šlo o moc nepříjemnou dobu nejistoty, i strachu. Nikdo si nebyl jist, vrátí-li se ze zaměstnání vůbec domů. To zná každý, kdo to tenkrát musel prožít. Jediné dvě výhody, jež ta příšerná doba nesla, a jichž jsem si vědom, byly jednak okolnosti přísně kontrolovaného zatemnění, tj. prostředku proti možnému leteckému náletu a rovněž možnost bezcelního styku se sklářskou firmou Schott und Gen. v německé Jeně. Hvězdné noci té doby byly působivé, strhující



Snímek pana Ing. Dr. Jaroslava Klíra z roku 1960, ukazuje spolu s částí pana Kozelského především právě vyrobený jindřichohradecký Cassegrain 250/3700, vystavovaný poté již ostravskou pobočkou ČAS.

svou intenzitou prožitku, z jinak neprosvětlené oblohy. Druhou výhodou jsem náležitě využil a zásobil jsem se velice kvalitním optickým sklem. Bez něj by se pěkná řádka mnou vyrobených achromatických objektivů prostě i prakticky jinak u nás nedala zplodit, to jsem již zmínil výše.

Po osvobození počala ve spolku opět čilá činnost spojená s přednáškami, se stavbou dalekohledů a také s pozorováním. Členů astronomické sekce bylo již v době protektorátu kolem jednoho sta a tak přednášky s účastí i šedesáti posluchačů nebyvaly mimořádnou výjimkou. Zanedlouho se všechno naše úsilí i um soustředily na výstavbu Oblastní lidové hvězdárny. Vůdčí činitelé ve „městě uhlí a železa“ neprojevovali o naše věci však valný



zájem. I tady se jako zcela nenahraditelným ukázal opět Čurda, se spoustou svých známostí.

Pan Oldřich Rynda, další z ostravských tvůrců astro-optiky, v domku Kozelských. Po r.1977 spolupracoval.

Chodil, aby přesvědčoval, i prosil, u všech vlivných činitelů. Jelikož se jejich složení



velmi často měnilo, nezbyvalo mu jiné, nežli v neustálé agitce cyklicky vcházet do shodných pracoven k nejnovějším perzonám, pro daný okamžik nejdůležitějším, a začínat vše znova a znova. Ukázalo se, že stavba moderní nové hvězdárny je za daných okolností nemyslitelná. Nezbylo než se uskrovnit s jedinou místností pátého patra sedmiletážího činžáku v samém centru města a s přispěním Národního výboru se dát do stavby malé kopule na jeho střeše, dle plánů Dr.Klíra a svépomocí. Čurda si za jedné z brigád zlomil nohu a proležel půlrok ve špitálu.

OLH Ostrava 29.9.1957, zprovoznění 16cm refraktoru a koronografu, zleva:JUDr.K.Hermann-Otavský,F.Kozelský, B.Čurda-Lipovský a prof.Ing.V.Gajdušek.

Sekce vlastnila řadu menších dalekohledů. Proto jsme pomýšleli na to, že kopuli osadíme šestnácticentimetrovým refraktorem. Vyrobil jsem proto achromatický objektiv, pan Kozelský montáž. Dodnes vše, s výjimkou kopule, u něj bezvadně funguje. S kopulí lze jen velice těžce otáčet. Byla zdarma a, ostatně jako vše co je „za pěkně děkují“, nestojí za nic. Hvězdárnu převzal Obvodní národní výbor v Ostravě, vedením byli pověřeni Čurda a Ing. Svěrák. Čurda na nadřazených vymodlil každoroční dotaci čtyřiceti až šedesáti tisíc korun a s ní to jakžtakž šlo. Mnoho věcí se dalo takto zaopatřit¹ a při hvězdárně jsme zřídili i zájmové kroužky.

¹ Pan redaktor Bedřich Čurda-Lipovský byl uvážlivý, obětavý i vstřícný člověk, vlastně ke komukoli slušnému. Např. po zjištění mého nepřijetí na MFF UK v r.1960, spontánně obeslal za Oblastní lidovou hvězdárnu v Ostravě děkana, byť znalý politické nevole oně kauzy. Ignorován, se zájmem mi pomohl a přes zhoršení svého zdraví mi našel místo v plně obsazeném kurzu broušení zrcadel v Gajduškově dílně, čímž se zasloužil o to, že čtete tyto řádky. Zvláště směřují cesty života! Snad neudivím tím, že i on se mi živě mohl mou vděčnou myslí za mé doktorské promoce v Karolinu v máji 1997. Byl jste, milý pane redaktore; tím život můj nevypadal jinak, a díky Vám za to. Pozn.rev.

Hned po osvobození jsem začal pomýšlet na výrobu Schmidovy komory. Anglické literatury bylo mnoho a podařilo se mi ji sehnat pomocí Státní hvězdárny skoro všechnu, ale šlo v ní především o teorii. Můj pořadově první kus měl, při průměru korekční desky 120mm, světelnost 1:1. Pomocí ní, i pořadově druhé astrokomory s korekční deskou 170mm a se světelností 1:2,25, vyhotovil můj přítel Josef Klepešta řadu nádherných snímků na observatoři u Skalnatého plesa v Tatrách (viz str. 98). Dr. Bečvář mi poté poslal do Splitu, kde jsem tenkrát trávil prázdniny roku 1947, nadšený dopis. Za zmínku stojí ještě komory 210/310 s 1:1, 400/630 s 1:2, 400/620 s 1:2,5 a Schmidt-Bakerova komora s průměrem 310 milimetrů o ekvivalentním ohnisku cca 750 mm¹. Řada mých Schmidových komor, předně ty dvě o průměru korekční desky 400mm, však touto dobou leží nepovšimnuty. Jde o důsledek stavu, že se dosud nenašel k mým schopnostem nikdo podobný, kdo by u nás na ně, coby můj strojařský protipól, správně dimenzoval mechaniky tubusů i montáží a dokázal je jako bezvadně funkční též i vyrobit a dávat jim i péči. To je již nad síly i prostředky dílniček ze soukromých zdrojů. Mělo by se přimět některé z ministerstev, aby k těmto záměrům vydělilo na specializované úrovni buď strojařskou továrnu, či výzkumný ústav. Jinak se paralelám zlých osudů obou mých velkých Schmidových komor nikdy nevyhne.

Po roce 1947 jsem se již zaměřil na velká zrcadla². Podle článku prof. Ritcheyho, v jeho knize *The Modern Reflector Telescopes*, jsem si načrtl poněkud zjednodušený brousíci stroj a pan Kozelský z tohoto základu vyhotovil strojnické výkresy. Vítkovické železárny tuto práci přijaly především zásluhou Dr. Klíra a pod dohledem Kozelského byl stroj příjemně brzy dohotoven. Docela dobře se mi osvědčil, což potvrzuje šest zrcadel o průměru šedesát až pětadesát centimetrů, jež jsem na něm kvalitně vybrousil a vyleštil. Z toho dvě byla pro již zmíněné Schmidovy komory, zbývající čtyři mají přesnou, převážně parabolickou, optickou plochu. Obě pětadesátky jsou využívány v Cassegrainových dalekohledových systémech v roli reflektorů. Přirozeně jsem musil pracovní postupy plně přizpůsobit možnostem a schopnostem svým, resp. příteli Kozelského, jenž mi sháněl a vždy i opatřil k tomu potřebné, i ty nejruznější a zdánlivě odtaziť věci. Výsledek úsilí byl dobrý.

Různé hvězdárny si mne brzy povšimly a já tak pracoval pro Ondřejov³, Skalnaté Pleso, Brno, i pro mnohé lidové hvězdárny. Popularitě přispěl díky mým Schmidovým komorám můj přítel Josef Klepešta tím, že

¹ Jediná písemnost k tomuto přístroji je dopis pana Josefa Klepešty prof. Gajduškovi z 19. 11. 1972. Uvádím: „Konečně na můj popud a Procházkovu ochotu, najde uplatnění i Tvůj Schmidt-Baker. Ale Procházka mne požádal, abys nám poslal optické údaje a rozměry. Doufám, že je máš někde zaznamenány a že je budeš moci poslat“. Ověřil jsem, že komora je ve východní kopuli Petřínské hvězdárny, ale s 300/1300(?). Prouza a Ondřích, studenti astronomie MFF UK, měli ji r. 1999 fotit zatmění Slunce a určit tím relativistické vhyby hvězd pozadí. Revize Dr. Melicha (VOD AVČR Turnov) našla její korekční člen, pro asymetrické latentní pnutí skla, zborcený. *Pozn.rev.*

² Zajímavé jsou dva dopisy Dr. Zdeňka Kopala z Harvard College Observatory, z 9. října 1947 a 29. listopadu 1948 prof. Ing. Gajduškovi prokazující, že Dr. Antonín Bečvář ze Št. observatoře Skalnaté Pleso uvažoval nad návrhem Jamese Bakera o úpravě tamější Zeissovy 60tky Gajduškem, vedoucí k rozšíření využitelného rovinného obrazového pole na průměr 22cm. Řešení by využilo parabolickou plochu primáru a korekční kolektiv, vytvořený korekční deskou o vnějším a vnitřním průměru 48 a 30 cm s tloušťkou ~5cm poblíž primárního ohniska, se vsazeným korekčním poodrazovým achromatem. Rovnou fotografickou desku 20x20cm měla předstizovat kazeta 20cm před frontální stranu kolektivu. Dr. Kopal v dopisech nabízel pomoc i zabezpečení skel v Plate Glass Company, Pittsburg i u firmy Bausch and Lomb, Cambridge, Mas.. Dr. Bečvář na Skalnatém plesu již ztrácel pozici a odešel, aby na Kopalovu radu světu dal své 4 atlasy. *Pozn.rev.*

³ Přes pohnutou historii Schmidovy komory 400/630 1:2 zmiňme těžkosti s výrobou hlavního zrcadla druhé 65tky pro Ondřejov (po dokončení chvilku vystřídavší originální velký Fričův astrograf v západní kopuli a umístěnou koncem 60. let trvale na pobočku AsÚ ČSAV na jugoslávském Hvaru, tu připomeňme, že nepřímo vedla k destrukci tohoto astrografu, i k pustnutí západní kopule po 35 let), zmíněné v nedatovaném konceptu osobního dopisu objednateli (Dr. M. Plavcovi): Vážený pane doktore! Obdržel jsem Váš dopis. Vlastně teprve teď, ve svátky, o tom pořádně přemýšlím, ačkoli mi už dříve bylo jasno, že jsem udělal chybu, že jsem Vám slíbil tu práci udělat. Jaksi jste mne pro to nadchl, takže jsem zapomněl na potíže, které jsou s tím spojeny a upjal svou pozornost hlavně na optickou stránku. Zapomněl jsem, že jsem se z vážných důvodů rozhodl nic většího nedělat a stroj rozebrat - původně jsem to vše chtěl dát do starého železa. Důvody jsou hlavně tyto: 1) nemám pomocníka, který by měl možnost i ochotu přijít kdykoli a pomoci. Měl jsem ho, ale ještě před dohotovením Cass. Ø65 pro Univ. K. zemřel po delší těžké nemoci. To velmi vadilo při dohotovení Cass. a zdržovalo práci, 2) v posl. letech se můj zdrav. stav stále zhoršuje a musím počítat, že asi 4 měsíce v roce budu neschopen práce, nepočítaje v to aspoň 1 měs. pobytu mimo zaprášenou Ostravu, kde bych vlastně neměl být. Drží mne tu zvyk a práce. V tomto létě jsem se nikam nedostal. Při tom leštění a figurování je možno jen, když teplota bez topení je dost vysoká a stálá, to je tak 3 měsíce. Za tužší zimy (letos) nedá se dílna vytopit a nelze provádět ani broušení. Co se týče nemoci, je to asthmoidní bronchitida, která vzplane několikrát za rok - posledně 3x za sebou během 3 měsíců (září až listopad), nepočítaje leden tr.. Vysoký krevní tlak (mám co nevidět 67 let) znemožňuje často dlouho každou, i lehkou těles. práci. A lehká práce to při stroji není, brousíci misky, a zvláště leštíci miska, jsou těžké a většinou není možno s nimi manipulovat mně samotnému bez pomoci. Tak má výkonnost v poslední době je nepatrná a pracuji jen velmi málo. Nemohl bych Vám tu práci ani za velmi příznivých okolností udělat dříve než na podzim 1963. Jsem si vědom, že jsem Vám způsobil nepříjemnosti a dohotovení práce, kterou nemohu vůbec vykonat, se tím oddálí. Je mi to velmi nepříjemné a velmi toho lituji. prof. Ing. V. Gajdušek.

2. září 1964 následuje potvrzující dopis 2.65tky pro Ondřejov: Vážený pane docente, oznamuji Vám, že jsem skončil práci na hlavním zrcadle pro Cassegrainův reflektor. Konečnou úpravu (čištění atd.) prozatím nedělám, protože by to znamenalo dvakrát sundávat zrcadlo a dávat opět nahoru. Co se týče tvaru zrcadla jsem spokojen. Lehmannova konstanta obnáší 0,4 - tedy velmi dobré zrcadlo, lze říci. Nejsm spokojen s jakostí povrchu. Zrcadlo jsem musel přebrousit a znovu leštit nejméně pětkrát. Vloni šlo o špatně užitý materiál a už tenkrát se projevila níže popsaná závada. Je těžké být stručný a promiňte mi mé obsírné vyličení celé věci, ačkoli, po obchodnicku řečeno, je to pro Vás vedlejší a hlavní je výsledek. Na ploše bezvadně vyleštěné se vždy objevily při figurování menší miskou tečky, takže zrcadlo vypadalo jako nedoleštěné. Tato vada dalším leštěním se zhoršovala a zrcadlo se musilo jemně přebrousit a znovu vyleštit.

jak s prvou z komor, tak i s následující Schmidtkou 170/250 o světelnosti 1:2,25, zhotovil početnou řadu krásných snímků (viz např. str.96), během svého pobytu na observatoři na Skalnatém Plese. To byla sice nevyžádaná, ale velmi účinná reklama pro mou práci, neboť snímky vyvolaly značný ohlas.

S Dr. K. Hermannem-Otavským jsme spolupracovali naopak na vývoji koronografu. Téměř všechny naše koronografy, snad kromě Skalnatého plesa a Lomnického štítu, mají mé objektivy. K tomu nutno i dodat, že jsem vyráběl četná rovinná zrcadla až do průměru 35 centimetrů, nepostradatelná pro mnoho celostatů.

Mám-li hodnotit v závěru svého života své dosažené výsledky, nezbyvá mi jiné než konstatovat, že málokomu se poštěstilo vytvořit tolik kvalitní a současně i různorodé práce. Dostávaly se mně příležitosti i možnosti vyrábět jak poměrně velká, tak zajímavá optická díla. Z dosažených výsledků odvozují, že bych býval schopen vyrobit optiku rozměrově velkou, jen kdyby mně k tomu byla bývala v naší republice poskytována odpovídající poptávka, i fundovaně podpořená. Naše vnitřní poměry, což je zřejmé, k tomu však nedostačovaly.

Opakovaně se navracím k tomu, bohužel, že řada přístrojů s mnou vyrobenou optikou doposud leží nevyužita. Hvězdárny, především ty lidové, totiž svedla poměrná snadnost v opatřování velké optiky, ale poměrně u toho také jejich agilnost zpravidla končila. Přitom kvalitní montáž pro velké přístroje, a opatřená v cizině, je velmi drahá investice, i riskantního typu. Až příliš často se proto naše domácí náhražky ukazovaly jako nedokonalé, a proto nikdy ne jako zcela vhodné. Na této neutěšené situaci nepociťuji sebemenší svá zavinění. Podobně mnohé z hvězdáren selhaly i při nacházení příslušně rozumných výzkumných i vědeckých programů, i když nalezení odpovídajících programů, a o tom jsem vnitřně přesvědčen, v té době vůbec ještě nebývalo až tak těžké. Platí to především v případech aplikací mých Schmidtových komor. Ty mohly být zcela efektivně nasazovány do průzkumu komet, asteroidů, umělých družic Země, ale i jinak. Zatím se tak ale nestalo.

Totéž se týká i osudu hvězdárny, odsouzené vlastně tím, že jsme byli okolnostmi nuceni vybudovat ji na obytném domě, neboť zdá se, že astronomii bude potřeba zrušit jak kvůli několika nadšeným lidičkám, vozeným hlučným výtahem do předposledního patra, tak i pro práci, kterou případné zablácení městských chodníků uštedřuje domovníkovi. Smrt redaktora Čurdy-Lipovského v roce 1962 znamenala nedobrý obrat ve vývoji amatérské astronomie na Ostravsku. Nenašel se nikdo jiný, jenž by chtěl a byl i schopen pokračovat v další práci a na Čurdově úrovni. Hvězdárna v důsledku této nepřízné osudu také upadá a došlo postupně ke ztrátě mnoha pozic, které Čurda tak razantně, a se samozřejmostí mu vlastní, v časech své aktivity nelehce vybojoval.

Celkem musím napsat nejen to, že jsem neměl při své práci vážných potíží, ale i to, že vždy se našlo dost malicherných¹ a někdy bohužel i zlých lidiček. Ti mi často ztrpčovali život, například též tak, že si umanuli mocí úřední dosáhnout příkaz ke zrušení mé optické dílny, jen kvůli odebrání této jediné místnosti astronomické sekce

Když se mi to stalo letos potřetí, nebylo mi možno zrcadlo přebrousit, protože mi došlo jemně plavené karborundum a naplavení většího množství by trvalo aspoň tři týdny. Nebylo také záruky, že by se to nestalo opět. „Došly“ mi také nervy, což jest horší. Nepodařilo se mi (přes četné pokusy) najít podmínky, za kterých vada vzniká, ačkoli nejde o věc, která by mi byla úplně neznámá - stalo se mi to už jednou na menším zrcadle. Tvrdou smůlou a velmi jemnou rouge dalo se vše napravit. Proto jsem zkusil tuto metodu a figurování, sotva začaté, dokončil jsem miskami z tvrdé smůly a s rouge tak jemnou, že se sotva ustála za dvě hodiny (obyčejně rouge spadne ke dnu při výšce 20cm za dvě minuty). Stav zrcadla se zlepšil, ale vzniklo několik krátkých škrábanců, čemuž se nedivím. Figurování s tak jemnou rouge trvalo velmi dlouho. Mezitím jsem zjistil, že dodané sklo, které má být ZK7, je měkké, takže sklo BK7 je rýpe. S tak měkkým sklem jsem dosud (u velkých zrcadel) nepracoval. ZK7 má být sklo se sníženým koeficientem roztažnosti. Tudiž by to mělo být tvrdé sklo, protože snížení koeficientu roztažnosti docílí se přidáním většího množství křemene a event. kyseliny borité. Avšak u tohoto skla se mi toto snížení koeficientu tepelné roztažnosti neprojevuje a figura po retuši se ustaluje ještě pomaleji než u skla BK7, které má skoro normální koeficient roztažnosti. Je nepochybné, že sklo samo je jednou z hlavních příčin neúspěchu a nedivte se, že s tím sklem nechci mít za žádných okolností.

Prosím Vás, abyste někoho poslal, kdo by zrcadlo prohlédl a event. Přeměřil. Asi 60% účinné plochy zůstalo dost dobře, byť ne dokonale, vyleštěno. Těch zbývajících 40%, s tečkami a škrábanci, nachází se ve střední části zrcadla. Konec konců jedná se jen o trochu zvýšený rozptyl světla, který jeho užití nebude vadit.

Byli zde nedávno dva páni z Turnova, aby si prohlédli stroj. Dal jsem jim nějaké vysvětlivky. Doufám, že celá záležitost se brzy skončí tak či onak. Ing. V. Gajdušek. *Zde pokládám za vhodné ještě dodat, že oproti 65tce MFF, jejíž primár je nyní využíván jako striktní paraboloid CCDčkem v ohnisku, je druhá 65tka kombinací primárního elipsoidu a sekundární konvexní sféry o celkovém ohnisku 7m, je tedy cassegrainský objektiv typu Dalla a Kirchhama. Její primár by tak využit nešel, proto byla darována Chorvatsku. Vsuvka rev.*

¹ Pro ilustraci občasných těžkostí postihnuvších pana profesora Gajduška uvádím koncept jedné z jeho stížností:

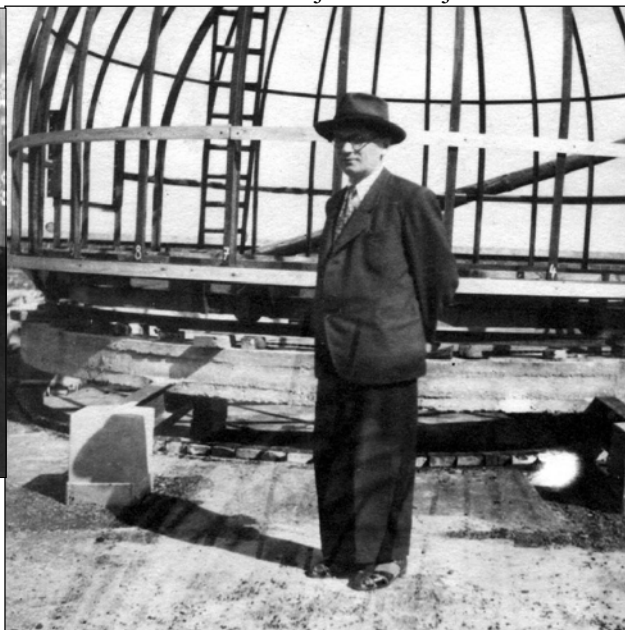
Slovenské ústredie amatérskej astronomie, k rukám ředitele s. Milana Bélika:

1. Dne 21. 8. 1974 jednal jsem se s ředitelem za přítomnosti 4 členů hvězdárny a s Fr. Kozelského, v mém bytě. o koupi optiky pro hvězdárnu v Hurbanově, a sice 1 parabolického zrcadla Ø 250 mm s příslušným odrazným zrcátkem asi 50x70mm a kromě toho 1 achromatického objektivu v trojdílné objímce průměru 105mm a ohniskové dálky asi 150 cm. Dohodli jsme se o prodeji a koupi těchto věcí za cenu 7000 Kčs a cena měla být zaplacená co nejdříve. S ředitel Milan Bélik téhož dne převzal jmenované věci.

o prakticky nijaké vybavenosti, jen svou polohou poblíž centra někomu více atraktivnější. A též i jinak¹.



Snímek ze schůze ostravské ČAS dne 22.11.1973. Nalevo oběma autorům sedí choť pana prof. Gajduška. Poznamenaná glaukodem, pak nemohla být ani účastnicí obdivných prohlídek krás nebe, jež její muž umožňoval plody svého koníčka mnoha lidem.



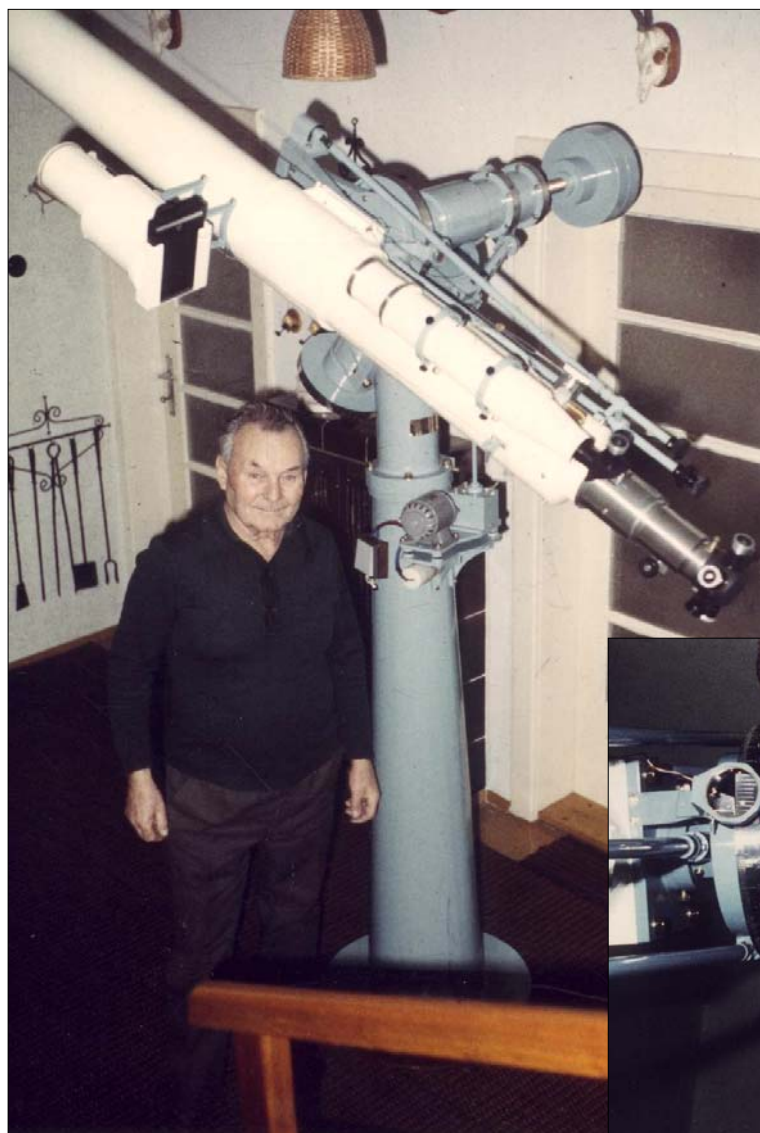
Prof. Ing. Gajdušek před sváry dohotovovanou nosnou konstrukcí 4,5m kopule Oblastní lidové hvězdárny Ostrava.



Tamburašský soubor ze Studénky na Odrou, jehož věrným členem po mnoho desítek let hudebně nadaný pan F. Kozelský býval. V 1.řadě, podle vlastního svého vyjádření, vyhlíží jako 'paterek'. S focením totiž vůbec nepočítal, když měla být jenom generálka!

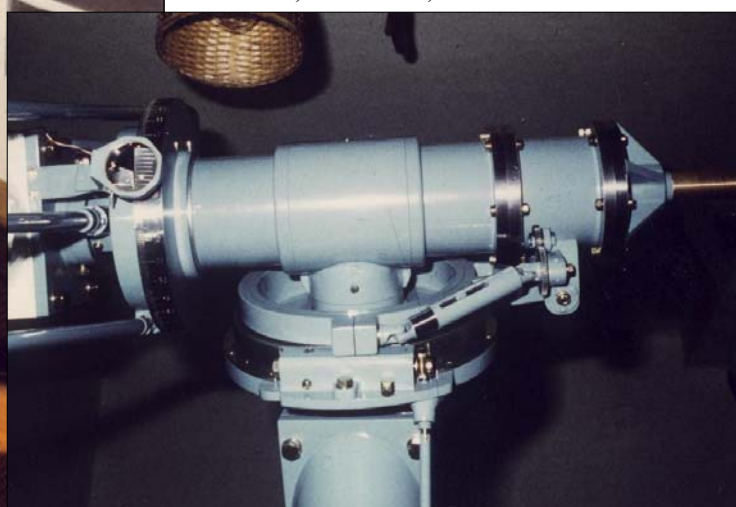
2. Když jsem kupní cenu neobdržel, upomenul jsem ředitele hvězdárny dne 8. listopadu 1974 osobně při příležitosti oslavy 20. výročí krajské hvězdárny v Hlohovci, kde jsme oba byli přítomni a tázal jsem se ho, kdy miní optiku zaplatit. Ujistil mne, že zaplatí do konce listopadu. Dosud jsem však peněz nedostal.
3. Pochopitelně nemohu čekat déle na zaplacení dlužné částky. Žádám proto opět, aby mi byla částka Kčs 7000 zaplacená do konce ledna 1975. Současně žádám, aby mi bylo sděleno písemně, zda v tomto termínu mi bude dlužná částka proplacena. Pokud bych nedostal dlužné částky v uvedeném termínu, ani písemné sdělení že peníze mi budou zaplacený, budu muset učinit příslušná opatření o vymáhání dlužného obnosu.
4. Podotýkám, že nebude-li možno stanovený termín dodržeti, žádám o písemné sdělení, kdy mi bude uvedená optika bez závad vrácena. Očekávám, že věc bude vyřízena bez soudního řízení. Nedostanu-li do 31/1.1975 žádnou odpověď, vzbudí to ve mně podezření, že věci byly ode mne získány bez vážného úmyslu kupní cenu zaplatit.
5. Připomínám zároveň, že na žádost ředitele provedl jsem později školení zaměstnance, který v dílně hvězdárny brousí astronomickou optiku (s. Krajčík), aby věci v dílně vyrobené měly dobrou kvalitu a nebyly pouhými zmetky. Tuto pomoc by určitě nikde jinde nezískal. Ředitel sám mi slíbil, že tuto pomoc mi bude honorovat (výši honoráře jsem ponechal jeho uvážení). Slíbený honorář mi též dosud nebyl zaslán. Žádám rovněž o sdělení, v jaké výši a kdy honorář obdržím. Ing. Vilém Gajdušek, Revoluční 22a. Vsuvka rev.

¹ Vzpomínám si na rozhovor s prof. Gajduškem v zimě 1960, v němž se mi svěřil se svou traumatizující osobní zkušeností. Její podstata spočívala ve faktu, že se zdráháním na opakovaná naléhání svého dobrého známého z vyšších mimoostravských amatérských kruhů a tvrdícího, že se panu profesorovi bohatě odmění, pokud mu kvalitní velkou optiku vyrobí, mu ji s obtížemi vyhotovil. Smutným epilogem celé záležitosti byla nechutná dohra u Finančního úřadu města Ostravy, do jehož soukolí se pan profesor dostal po osobním udání objednavatele. Celá záležitost se pak dostala do obecného povědomí, přirozeně k pochopitelné značné nelibosti pana profesora. Pozn.rev



Vlevo: Refraktor 147/2250 mm z r.1986. Optika pochází od již zmíněného pana Oldřicha Ryndy, který po nějakou dobu pokračoval i v „refraktorové“ tradici pana Profesora. Jako již tradičně předtím, veškeré mechanické zázemí realizovaly ruce Mistra soustruhu, pana Františka Kozelského. Šlo o údobí, kdy pana profesora Ing. V. Gajduška již nebylo a poptávku pana Kozelského po kvalitních optických dílech, potřebných k další výrobě, pomáhali krýt někteří jeho přátelé a též známí z řad astrooptiků i profesionálů, např. Dr. Melich z turnovské Vývojové optické dílny Astronomického ústavu tehdejší ČSAV a mnohdy rovněž i produkty světoznámé firmy Carl Zeiss, VEB Jena z NDR, tj. státu, v němž se podařilo panu Kozelskému pár svých přístrojů také i umístit.

V spodní horizontále lze, v detailním záběru křížení rektascenční a deklinační osy téhož přístroje, vidět v náznaku i fakt, že konstrukční řešení p.Kozelského setrvala, dlouhodobě, na ustáleném nadstandardu.



2x Maksutovova optika Vývojové optické dílny AsÚ ČSAV (Melich 1986) 160/2050 vizuální, 200/400 mm fotografický.



Refraktor 100/1500 mm, r.1987, optika prof. Ing.Gajdušek, montáž pan Kozelský. Dělené kruhy, pohon: motor grilu, okuláry 6 až 27mm.

Příloha 2.

Stručný životopis Františka Kozelského, vztažený ke spolupráci s prof. Ing. Vilémem Gajduškem.

Pocházím z Ostravy-Prívazu, kde jsem se narodil 12. dubna 1913 v nezámožných poměrech. Tatínek byl topičem v drážních dílnách tehdejší Ferdinandovy severní dráhy, maminka byla dělnicí. Měla značné hudební nadání, hrávala i zpívala proto v místním ochotnickém divadelním spolku. Nesporně tyto schopnosti jsem po ní zdědil. Byla si toho od počátku vědoma, neboť mi zakoupila menší housle a zajistila mi i učitele houslové hry. Líbilo se mi hrát, moc, a přestože život ze mne zrovna virtuóza nevykouzlil, dodnes své hudební záliby i aktivně v tamburašském kroužku ve Studénce u Ostravy uspokojuji. Šlo to i dál, neboť má dcera Eliška absolvovala ostravskou konzervatoř a je učitelkou hudby v Jihlavě. Maminku jsem díky náhodě vlastně v dospělosti následoval - obrazně vyjádřeno - až na prkna jež znamenají svět, i když příjemné to bylo jen zpočátku. Státním divadlem v Ostravě jsem se dal přemluvit a přijal jsem roční úvazek jevištního hráče na mandolínu v Shakespearově Romeu a Julii, i v jeho Othelovi, avšak dochvilnost, stereotypnost a i z toho plynoucí odříkání si zálib, pro můj naturel osobně bližších - vše to souviselo přímo s takovýmto druhem závazku - mne v druhé polovině údobí přeci jen vedly k tomu, že pro další sezónu jsem již smlouvu neobnovil.

Snad po tatínkovi jsem zdědil zálibu v dílenském kutění. Strašně se mně líbilo vyrábět si ze dřeva různé modely, třeba těžní věže, parníčky, a ze všeho nejvíc i lokomotivy. Podnes mi krásně skříň velká bitevní loď. Po tatínkovi strojařina přešla i na mého syna Pavla, ale osud přivodil jeho emigraci do tehdejší NSR a odborně se tak vyvinul ve zcela jiných podmínkách, ovlivněn tak jinými poskytovanými možnostmi. V domku sedláka, v němž jsme v té době bydleli, jsem na půdě vlastnil malou dílničku s pracovním stolem, lupenkovou pilkou, svídkem, kladivkem a nějakými vrtáčky. V jejím koutě se vždy ježila hromádka všelijakých prkének i latěk. V té době totiž nebyly větší problémy s nákupem mnohdy překrásných destiček ze dřeva a bez suků. Bývaly různých barev a tlusté povětšinou kolem čtyř milimetrů. Podvědomí jejich různotvarosti výrazně podněcovalo moji fantazii a takové mé sny, měly-li se uskutečnit, zkonzumovávaly pak v reálném světě spoustu mého volného času, povětšinou však všečen. Na řece Odře, protékající Přívozem, jsem později také závodně vesloval ve veslařském klubu PERUN. Stále jsem nalézal zajímavosti, jež stály za hřích, abych jim plně věnoval svou pozornost. Tato dětská idyla však netrvala věčně, skončila mým vyučením se modelářem a slévačem šedé litiny a barevných kovů u firmy AKMOS Přívoz. Probírám-li život zpětně, pak se nemohu zbavit pocitu, že právě v tomto momentu byla značná dávka prozřetelnosti mého osudu, čehož jsem si v té době - přirozeně - naprosto nebyl vědom, abych tak nabyl znalosti i fortelu dnes neběžné specializace a mohl je pak později takřka bezúspěšně využívat prakticky po celý život při snahách o produkci mechanik astronomických přístrojů. V Ostravě-Vítkovicích jsem následně v letech 1931/35 navštěvoval čtyřletou průmyslovou školu, maturoval jsem s vyznamenáním. Na Slovensku v Levoči a Prešově jsem vykonával prezenční vojenskou službu a nastoupil jsem celoživotně do zaměstnání ve Vítkovických železárnách. Nejdříve od roku 1937 jako konstruktér a od roku 1945 jako vedoucí Lisovny kotlových den a těžkých výlisků.

Rozhodující zlom mého života nastal na jaře roku 1940. Majitelka blízkého zahradnictví, paní Horáčková, mne koncem léta přemluvila ke společné návštěvě schůze Přírodovědecké společnosti. Přednášet na ní měli přední členové Ing. RNDr. Klír, redaktor Čurda-Lipovský a profesor Ing. Gajdušek. Rád jsem se díval na hvězdnou oblohu, vždyť tenkrát ji ještě bylo i v centru Ostravy běžně vidět bez zřetelného omezení tehdejšími ne až tak marnotratným veřejným osvětlením. Navštívenými přednáškami jsem byl doslova zcela uchváten. Nutilo mne to k přemýšlení, jak to vůbec ve vesmíru všechno dohromady může vlastně fungovat. Paní Horáčkové, veden vším tím pro mne úchvatným, jsem se svěřil otázkou, zda by nebylo přeci jen možné pana Gajduška nějakým manévrem uprosit o laskavé vybroušení optického příslušenství k menšímu hvězdářskému dalekohledu. Pochopila to bez řečí a ihned druhý den mi do rukou vtiskla velkou kytici růží a přidala mi k tomu svůj názor, že díky této malé pozornosti by nemuselo pro mne být až tak moc obtížné v páně profesorově bytě pugét osobně předat a vzniklou situaci pro sebe zneužít. Prostě, svou touhu mu přednést, a případně ji i zdůvodnit a krátce mu ozřejmit o co konkrétně bych měl zájem. Od té chvíle jsem se stal permanentně nervózním. Vzpomínám si dodnes jasně, jak se mi před dveřmi jeho bytu počaly klepat ruce, i mé vnitřnosti se svírat. Ale přec jen jsem se toho odvážil a se smíšenými pocity jsem sáhl po zvonku. Přes všechna chmurná očekávání jsem právě za těmi obávanými dveřmi poznal člověka milého a navíc i ochotného mně v mém hvězdářském nadšení pomoci a má nervozita byla rázem pryč. Dokonce mne, coby neznalého vyzval, abych se do okuláru jednoho takového zhruba

hotového Newtonova dalekohledu, stojícího u otevřeného okna na stole, podíval slovy „...no tady mám zrovna jeden tubus, tak se na to podívejte!“ Neměl jsem tehdy ještě vůbec žádnou představu kamže popatřím, natož kdeže bych měl k té hranaté obludné bedýnce své oko vůbec přiložit. Pan profesor, vida mou neschopnost, po chvilce mého tápání ze sebe trochu dopáleně vyrazil: „Ale tady se přece podívejte!“ Až po letech mi manželka pana profesora svěřila epilog celé situace. Ona, po mém uctivém doporučení se, osobně nepřítomná našemu ujednávání, otázala se pana manžela, kdože je to právě vůbec navštívil. Zaznělo jí v odpověď: „Ale trumbera jakýs, vždyť ani nevěděl jak se do toho dalekohledu patří koukat...“. Od toho okamžiku počala má spolupráce s panem profesorem Ing. Gajduškem, trvala až do jeho smrti plných sedmatřicet let a mohu jen dodat, že to byl báječný tandem, ona vlastně čirou náhodou vzniklá dvojice Gajdušek - Kozelský.

Bydleli jsme tou dobou v Kunčicích nad Ostravicí, v druhém patře činžovního domu s nádherným výhledem na panoráma Beskyd. K bytu náležela i půda, tu jsem ihned okupoval, jak jinak. Vystal však problém s přístupností jakékoliv slévárničky, v níž bych mohl díly a součástky na dalekohled sám odlévat. Další, návazná svízel, pak byla v dostupnosti sebeskromnějšího strojového vybavení, jímž bych si mohl odlitky opracovávat. Řešil jsem to přímočaře. Ve své nové půdní dílně jsem formovací písek aplikoval ve větší bedně a na inzerát jsem si zakoupil nabídnutý a amatérský vyrobený soustruh. Způsobilo to však časem přec jen nevoli sousedů, spojenou s takřka pozdvižením a byla to opět hodná paní Horáčková, která mi mou „slévárnu“ svolila umístit do prostor svého zahradnictví. Další čertovo kopýtko tkvělo v kvalitě soustruhu. Prostě jeho nepřesnost, běžně amatérsky pojato jakási, mně počala vážně znepokojovat. Došlo to tak daleko, že pan profesor Gajdušek mi po čase vytkl, že jeden z prvních mnou vyrobených válcových tubusů, s průměrem dvaceti a délkou čtyřiceti centimetrů pro jeho jednu optickou zakázku z Prahy či Ondřejova, je vlastně kónický a ne válcový. To byla pro mou povahu nepřijemná skutečnost. Od počátku této reklamace mi totiž bylo jasné, že zrada vězí právě v kvalitě nouzového soustruhu, jeho konstrukce však případnou nápravu zcela vylučovala. Nezbylo mně nic jiného, než si objednat nový soustruh v továrně Josef Svoboda v Olomouci. Na mé tehdejší možnosti byla však jeho cena dvacetiosmi tisíc dosti vysoká a navíc, těsně před jeho dodáním ji firma Svoboda zvýšila ještě o další čtyři tisíce korun. Skutečně, měl jsem co dělat, abych přesvědčil manželku, že nebudu-li mít kvalitní přesný soustruh, není v mých silách cokoli solidnějšího vůbec vyrábět. Nakonec jsem byl v přemlouvání skutečně úspěšný a nedlouho nato stál mnou vysněný soustruh v půdní dílničce.

Poté jsem se již v řadě zakázek pana Gajduška dostal konečně na řadu s vybroušením optiky pro Newtonův dalekohled o průměru dvanácti a půl centimetru s jednometrovým ohniskem i já a tak jsem si mohl konečně zhotovit svůj první dalekohled na azimutální montáži. Bylo to v roce 1942. Vlastně mimo několika šroubků a obou os byla celá dřevěná. Když jsem pak poprvé v životě spatřil Saturna i s jeho prstencem, byl jsem jeho vzhledem tak překvapen, že se mi ani vlastním očím věřit nechtělo. Kvalita optiky pana profesora však byla v ostrém protikladu s kvalitou mé montáže, pochopitelně v můj neprospěch. I tak bylo dojmů nespočítaně. Například jsem jednou v koupelně zobrazoval Sluníčko hledáčkem projekcí na stěnu. Akorát vadila v pohledu větev některého z blízkých stromů. Tu najednou na ni dosedl kos a počal zpívat. Nečekal jsem to a byl to pro mne tak úžasný estetický zážitek, že jsem jen vyjeveně zíral na tuto scénu promítanou stínohrou na stěnu a neodvažoval jsem se skoro ani dýchat v obavě, aby ten kos přispěním mé neopatrnosti nečekaně neodlétl. Podobně jindy jsem si snesl dalekohled na dvorek během krásného vlahého večera, prozářeného Měsícem. Doprovázela mne má dcera Eliška, tehdy dvouletá. Tu jsem ji musel vzít na ramena a ona zvedla svou ručičku k Měsíci a zašvitořila „tatíí, podej mi to“. Nevěděl jsem v tu chvíli co říci, jen to, že „to je daleko, podíváme se na to dalekohledem“. Ale na pozorování samotné se mi přestalo dostávat času, neboť střízlivě odhadnuto, musel jsem se tvrdě učit po patnáct let do té doby, než se mi podařilo vyrobit svůj první mechanicky dokonalý dalekohled. S lepším strojním vybavením by to takového času nevyžadovalo a pracnost jejich výroby by to citelně snížilo. I za stávající situace se mi u složitých kusů často stává, že pro opracování jedné jediné plochy si musím udělat přípravek na uchycení, jenž mi dá desetkrát více práce, než ta plocha samotná.

Nedlouho nato se ukázalo, že mým plánům do budoucna nevyhovuje stávající byt, ani v nejmenším. Bylo nutno zapřemýšlet, co dál. Rozhodli jsme se manželkou vzít to spíše sportovně a něco příhodného si i sami postavit. Nemohl jsem dosti dobře jinak než trvat na tom, že, pro přesnou vizi mého budoucího výrobního programu musí malá slévárnička být základem naší stavby, pojímající malou tavící pec, avšak, kvůli dobrému tahu při hoření, s nutně vysokým, dvanáctimetrovým tahem komínu. No a aby se to vůbec vyplatilo stavět, když tu pec musíme obezdít, nabídlo se nám řešení, že to zřejmě spojíme i s přilepením pár místnůstek tak, abysme tam též mohli i bydlet, no a že vše zakryjem střechou. Tak to nakonec i dopadlo a do dvou let jsme „doma“ už bydleli. To je vlastně historie našeho domku v němž jsem si nahoře ještě pro svoji dílnu včas zabavil malou kuchyňku.



Pan Kozelský se svou manželkou a vždy spolehlivou pomocnicí Marií v roce 1986 (vlevo) před Maksutovovým 16ticentimetrovým dalekohledem s ohniskovou délkou 205cm, s 20cm fotokomorou o světelnosti 1:2 a s hledáčkem 60/400 a asi o patnáct let později, v roce 2000, za smírného podzimu jejich plodného života.



Tak jsem pana Kozelského znával při několikanásobném příjezdu většiny z desíti let našeho setkávání. Přátelský, vlídný a i milý.

Spolupráce s profesorem Gajduškem bývala báječná, neboť on byl přirozeně povahy klidné a současně i milé. To vše bylo u něj až vzácně harmonicky vyrovnané a doplněno velkým i širokým životním rozhledem, s až neobvyklou mírou taktu. Miloval klasickou hudbu, přitom zajímavé ale bylo, že dost těžce snášel vysoké tóny.

Úvahami jsem si včas zesumíroval, že člověk jeho profesní erudice i tvůrčí vůle nemůže dobře dostat ke své promyšlené činnosti vše co jen potřebuje, aby mohl plně uplatnit svůj talent, kterého jako nadaný a vynikající brusič astrooptiky zcela nesporně měl od Boha požehnaně. Přálo mi štěstí, že, i jako pozdější vedoucí velké lisovny Vítkovických železáren, jsem se bez větších obtíží mohl spolupodílet na páně profesorových dohodách s vedením Vítkovických železáren o potřebné výpomoci jeho technologickým potřebám. Kromě naší běžné astroopticko-mechanické spolupráce, jsem mu mohl pak průběžně opatřovat brousící misky nejrůznějších rozměrů z železných desek lisováním, až po ty největší velikosti. Pod mým dohledem se rovněž vyráběl podnikovým učňovským střediskem jeho velký brousící stroj, na němž bylo možné vyrábět zrcadla s průměry až skoro

do jednoho metru. Do jeho dílny jsem vyrobil též menší brousící stroj na zrcadla do průměru třiceti centimetrů, nejružnější nezbytná měřicí zařízení a jiné pomůcky. Přístroje vzniklé během naší spolupráce jsou rozmístěny po hvězdárnách celého bývalého Československa, počínaje Karlovými Vary a konče Michalovcemi¹. Především jde o refraktory o průměrech až do 200 milimetrů a třimetřové ohniskové vzdálenosti a reflektory různých typů, do 300 milimetrů průměrů, také včetně paralaktických montáží².

S profesorem Gajduškem jsme tvořili tak báječný „tandem“ i proto, že jeho osudem byl také plně naplněn i můj osud. Nemohu zapřít, že i mne astrooptika přitahovala. Dal jsem zřejmě i panu profesorovi v nějaké situaci nepřímo najevo, že bych se rád i já o broušení optických ploch pokusil. Byl rezolutně proti. „Dělejte pořádně jen jednu věc. Budete-li dělat optiku, nebude dobrá ani optika, ani montáže“. Dnes dobře vím, že v tom nebyla uražená ješitnost, ani žádná nevole z případného soupeřnictví. To mu nebylo vlastní, ostatně to ani nebylo v jeho pozici praktického, vyhledávaného, a již profesionála, nutné. Jsem přesvědčen, že v té chvíli si hravě „spočetl všech deset prstů“ a správně vyslovil tak výsledný verdikt v prospěch toho zcela nejpřirozenějšího běhu věcí. Nebylo v zájmu nás obou, připustit naředení našich společných sil, jež by o to více degradovalo naše plány s výhledovou produkcí. Život dal panu profesorovi Ing. Vilémovi Gajduškovi plně zapravdu. A já mu jsem za to navždy upřímně zavázán a hluboce vděčen.

Nemohu nakonec ani pominout pomoc mé manželky Marie, s níž zanedlouho budeme svoji již šedesát let. Vždy měla, a dosud má, pro mou práci plně porozumění. Bez zničujících pohledů a případných litání, zame-tá i vysává třísky z materiálů, jež se z dílny tak rády roznášejí po celém bytě a právě na ta nejnečekanější místa. Byla ochotná i dychtivá zvládnout i významné práce v „naší slévárnice“ a navíc má rovněž plnou kvalifikaci na naši spolupráci při „sborce i rozborce“ i velmi těžkých montáží a jejich částí. Výuční list si svou prací, i veške-rou celoživotně iniciativní podporou mne samého, jak vysloužila, tak i plně zasloužila.

Ve Staré Bělé, leden 1997

¹ Uvádím rekapitulaci větších přístrojů, na nichž se pan Kozelský se podílel mechanicky. Šlo převážně o spolupráci s panem prof. Ing. Vilémem Gajduškem na výrobě, případně na opravě těchto namátkou vyjmenovaných přístrojů (viz také článek pana Zajonce u příležitosti osmdesátých narozenin pana Kozelského v časopise Kozmos, 3, 1993):

Karlovy Vary:	generální oprava reflektoru Newton Ø 250/1500
Jablonec nad Nisou:	Cassegrain Ø 300/4800
Jindřichův Hradec:	Cassegrain Ø 250/3700
Olomouc:	Celostat se zrcadly Ø 250/ Ø 180 Paralaktická montáž pro koronograf Dr. K.Hermanna-Otavského
Ždánice:	Refraktor Ø 200/ 3000 2xRefraktor Ø 160/ 2400, 1ks na azimutální montáži používaný při výjezdech po okolí Cassegrain Ø 240 - kompletní tubusy – 2 kusy, používali při výjezdech po okolí Celostat se zrcadly Ø 250/ Ø 180 Schmidtova astrokomora Ø 200, světelnost 1:2,5 Hledač komet Ø 200
Ostrava:	Refraktor Ø 160/ 2600 (byl převeden do Rimavské Soboty)
Valašské Meziříčí:	Celostat se zrcadly Ø 250/ Ø 180
Hlohovec:	Refraktor Ø 180/ 2600 Reflektor Newton Ø 310/2000 (nyní je v Trenčíně) Celostat se zrcadly Ø 250/ Ø 180 Schmidtova astrokomora Ø 260, světelnost 1:2,5 Spektroskop s mřížkou 600 vrypů/mm Paralaktický stůl
Nitra:	Refraktor Ø 135/ 1760 Cassegrain Ø 160/1800
Bratislava:	Refraktor Ø 120/ 1800
Michalovce:	Cassegrain Ø 200/ 1760.
Dále vyrobil i další dva dalekohledy pro optiku jiného původu:	
Učňovské školy Ostrava-Hrabůvka :	Newton Ø 294/ 2100 - autor optiky pan Oldřich Rynda
Kysucké Nové Mesto:	Refraktor Ø 200/ 3000 - autor optiky : firma Carl Zeiss, Jena,

a navíc zhotovil celou řadu menších dalekohledů amatérům i hvězdárnám. Poprávu byl proto zvolen čestným členem Československé ast-ronomické společnosti při ČSAV na jejím 9. sjezdu konaném dne 1. 10. 1983. Vsuvka rev.

² Velké průměry zrcadel se pak osazovaly do mechanik, jež buď byly produkty našich továren (např. reflektor 62cm, 1:4,4 univerzity v Brně vyrobený I.brněnskou strojírnou - viz. L.Perek, Říše hvězd 10, 1950,s.225), nebo jejich tubusy vyrobila dílna Astronomického ústavu v Ondřejově a poté byly uchyceny na paralaktické montáže VII firmy Carl Zeiss, Jena (obě 65tky původně dané do historických kopulí ondřejovské hvězdárny - viz např. P.Majer:Nový dalekohled Astronom.ústavu MFF KU, Říše hvězd 1,1962, zde snímky str.51). Pozn.rev.

Příloha 3.

Vzpomínka na Mistra Františka Kozelského

Spolupráce pana Kozelského s profesorem Ing. Vilémem Gajduškem.

Letos, v pátek 16. dubna, zemřel po kratší těžké nemoci, ošetřován chotí ve svém domku ve Staré Bělé u ostravského sídliště Dubina, pan František Kozelský (*1913,+2004), v úctyhodném věku 91 let. Býval významným slezským konstruktérem všech kompletů mechanik astronomických dalekohledů, i s jejich výrobou a provozem úzce souvisejících příslušenství a přístrojů. Původně slévač šedé litiny, absolvoval výtečně strojní průmyslovku Vítkovic, v nichž vedl po mnoho let odbor „Dna kotlů“. Svým nadáním, erudicí i pracovitostí umožnil vzestup fenoménu „osobnost pana profesora Ing. Viléma Gajduška“, výjimečného amatérského astrooptika z Moravské Ostravy. Pamětníci mají jméno Gajdušek vryto hluboce do paměti. Abych ujasnil mladším legendu Gajduškovu musím zmínit, že tato osobnost byla expertem, produkuje myriády kvalitních astronomických optických prvků, a to jak do inventářů vyspělých amatérů a lidových hvězdáren Čech, Moravy, Slezska i Slovenska, tak i pro profesionální pracoviště (např. MU Brno, AsÚ Ondřejov, Klet, chorvatský Hvar atp.). „Punc Gajdušek“ znamenal, v jím opracovaném kusu skla, garanci zaručené kvality.

S panem Gajduškem, občanským povoláním profesorem chemie na ostravském reálném gymnáziu, se pan Kozelský poznal na počátku německé okupace. Tehdy se u něj, v rozbřesku zájmu o hvězdy, doprošoval o zhotovení malého kvalitního zrcadla k vhodnému dalekohledu. Po něm, po náhlém vzplanutí zájmu, a bez bližší představy o principech jeho funkce, totiž toužil. Pana profesora navštívil díky své sousedce a Gajduškově známé, i s její kyticí a nervózní. A měl namále. Tehdy jej paní Gajdušková, po odchodu, popsal dotázaný manžel jako jakéhosi trumberu, netušícího ani kudy se koukat do dalekohledu (Newtonova), jenž ležel na stole v jejich kuchyni. Na novice nic neobvyklého, řeknete si, duše Kozelského v té chvíli ale zarezonovala v tragické předtuše. Zbytečně. Došlo k zázraku, jehož předkolo po létech, za vzpomínání na jím ctěného pana profesora, přidával, coby pikantnost, k lepšimu.

Pan profesor tehdy jaksi neodhadl, že údajný trumbera mu krátce nato, již po počátcích jejich oboustranně chtěné spolupráce, „vytře zrak“ a splní všechny bezpodmínečně diktované, a tedy nejvyšší, mechanické nároky. Nebyl žádným trumberou, nýbrž zaníceným mechanikem, specialistou. Tudiž nejenže vyhověl, ale navíc dokázal soustavně odborně růst a s citem mýjet všechna úskalí náročné profese s noblesou ohromujícího nadhledu. Není divu, že pak osedlal, s bravurností sobě vlastní, vývoj mechanik celostatů, již Gajduška zatěžující, a přímo jej nadchl svou vrozenou invencí ke zdokonalování i navrhování nezbytných měřících přístrojů. To poměrně nedlouho poté, co mu vyrobil bezchybné mechanické uzly dalekohledů, tubusy i montáže, jež kompletoval do vtipných sestav. Pouze u největších přístrojů se zpravidla neobešel bez přispění své sic slabé, ale ochotné a milující manželky Marie. A pan Kozelský šel dál: díky Dr. Klírovi z ředitelství Vítkovických hutí, dalšímu – počítařskému – pomocníkovi Gajduškovu, mohl v dílně svého odboru Dna kotlů nejen „urobit“ Gajduškovi z jím dodaných náčrtků velký brousíci stroj Ritcheyova typu, ale na tamějších lisovacích strojích, pro dna kotlů, mu zrealizovat dokonce lehké leštící kovové misky, s požadovanými křivostmi. Jejich praktičnost pro leštění se Gajduškovi ihned prokázala možností jejich kontrolovaného nahřívání (misek) plynovými hořáky ze strany žeber tak, aby se dosáhlo perfektního kontaktu, jejich změkklým smolno-voštinovým potahem, s budoucí optickou plochou, jenž je nutností pro její prvotřídní provedení. Jen pro srovnání uvedme fakt, že profesor Ritchey, věhlasný americký astrooptik, leštil svá velká zrcadla miskami slepovanými z překližky, pro něž účinnost leštění, oproti naznačeným lisovaným, přec jen strádala a vynucovala si opakovaně až vícedenní polohování zatížené misky na zrcadle, za studena. Jinak by mu smůla totiž tvar plochy zrcadla dokonale nezkopírovala. A to rychlost výroby zrcadla Ritcheymu nepříznivě a podstatně časově prodlužovalo. Nicméně zdůrazněme tu skutečnost, že bez schopnosti pana Kozelského, takový stroj profesoru Gajduškovi „ušít na míru“, by on nikdy nesvedl výrobu šesti svých největších primárních zrcadel s průměry mezi 57 až 65cm v tak výborné kvalitě. Gajdušek, vždy seriózní, proto Kozelskému otevřeně připisuje, v životopisné zkratce psané na žádost Československé astronomické společnosti při ČSAV do sborníku k 50letému trvání ČAS, všeobecné a zásadní zásluhy na zrodu možností, jež mu, astrooptikovi, umožnily soustředit se zcela na retuše asférických ploch až tak, že v nich vynikal. Svůj zdar s asféricitou tam vidí jasně: „bez Kozelského ani má díla kořící slavné firmy, ani šestice mých největších, až 65centimetrových, zrcadel z jeho stroje, by nebyly“.

Nutno závěrem dodat, že pan Kozelský neměl strojní vybavení k tvorbě mechanik největších zrcadel. I tak poskytoval nepostradatelná oborová data a rady realizujícím je organizacím. Vždy rád. Proto největší z Gajduškových paraboloidů pro Astronomický ústav Matematickofyzikální fakulty Univerzity Karlovy na disku o průměru 65cm, umístěný na Ondřejovské observatoři, a sloužící více než desítku let výhradně sledování a vyhledávání asteroidů přibližujících se i Zemi, nese nezpochybnitelný punc predestinovaného umu pana Kozelského. Jeho podíl na existenci dalekohledu lidé hvězdárny, ani sami uživatelé přístroje vůbec neznali. Můj návrh jména Kozelský nové planete, přislíbený mi k podání do jeho 85. narozenin, s trochou mých nervů (já zbrkle předběhl slovy činy), oslavenec přec jen oslovil.

Oba, Kozelský s Gajduškem, si velmi rozuměli. Spolupracovali sehnane až do smrti Gajduškovy v lednu r.1977. Vytvořili tím oborový tandem, věhlasem i potřebností přesahující jasně hranice Ostravska. Vyprodukovali spolu mnoho refraktorů. Z nich velké, s objektivy až do průměru 20cm, šly hlavně na tehdejší Lidové hvězdárny Slovenska. Reflektory až do průměru 30centimetrů pracovaly skoro všude. Hojné byly i protuberanční koronografy Hermanna-Otavského s monochromatickými filtry Ivana Šolce z Výzkumného ústavu monokrystalů v Turnově. Pro ně naše dvojice Mistrů poskytla chromatické objektivy se zanedbatelným rozptylem slunečního světla jejich dokonalým vyleštěním, i mechaniky nastavení uzlu clonění jasného slunečního disku. Se zájmem se setkala i řada menších celostatů, i další výrobky. Například pan Klepešta i Dr. Bečvář bývali unešeni kresbou Gajduškem broušených velmi světlých Schmidtových astrokomor. Téměř se neví, že Gajdušek dodal Ondřejovu kvalitní optiku ke Schmidtově komoře 400/630 o vysoké světelnosti 1:2 (viz. Guth et al. Astronomie I, NČSAV Praha 1954, str.78). Pro zdejší nezdar se stavbou jejího tubusu nebyla ale vůbec použita a asi 20 let po dodání ji potkal úplný zmar. A tak ani krutý osud se nestačil vždy vyhnout některým kvalitním a obdivuhodným plodům kvalifikované práce obou Mistrů.

Pan Kozelský míval dílnu v malé kuchyňce 1. patra svého rodinného domku ve Staré Bělé, osazenou soustruhem. V ní vznikala jeho díla, vynecháme-li sklepní kotelnu, původním slévačem upravenou na slévárnu odlitků obímků, přírub aj. ... Špičkovával, že „vždy pohotová mu k ruce manželka má od něj výuční listy na kompletaci montáží tubusy, i pro slévačství“.

Po smrti Gajduškově pan Kozelský pokračoval ve své standardně nadprůměrné produkci astronomických přístrojů až do pozdního věku, s využitím optiky produkované jinými tvůrci, jak profesionály, tak i amatéry. ČAS mu přiznala čestné členství, toho si on velmi vážil. Též ochotná ohleduplnost slečny Lenky Šarounové a doc. Marka Wolfa poskytla jimi nalezenou planetku č.8229, v pravý čas příležitosti Kozelského 85.narozenin, jeho jménu.

V mládí býval též i jevištním sólistou na mandolinu Divadla Ostrava, od zralého věku rovněž tak dlouholetým členem tamburašského souboru ze Studénky nad Odrou. Několikrát jsme spolu v jejich obývacím pokoji „muzicírovali“. Uznale uvádím, že ve skladbě Herkulovy lázně (tu jsem znal od svého otce z dob jeho vzpomínání na jinošství a „vojančinu“, poznamenané 1.světovou válkou, proto byl klávesový doprovod bezproblémový) byly jeho housle nezapomenutelné. Miloval práci, hvězdy, hudbu, i jiné koníčky, svou rodinu, humor... Žil život v plně širokém záběru. Též proto mohlo být jeho vzpomínání až tak zábavné a plně trefných příměrů. A bývalo co poslouchat! Dovolte mi, prosím, podělit se o pár bližších osobních vzpomínek na něj, i úvah.

Osobní vzpomínky na pana Františka Kozelského.

Měl jsem čest poznat pana Kozelského podvkráté. Prvně r.1957, jen zběžně a krátce. Po pozvání panem Bedřichem Čurdou-Lipovským - tajemníkem Oblastní lidové hvězdárny v Ostravě - na jeho přednášce v Místku, do jejich svatyně nad tehdy nejrušnější křižovatkou Ostravy. Pan Kozelský, šéfkonstruktor, nepřehlédnutelně zde dominoval v péči o přístroje, i v plánech na ty další. Při občasně osobní přítomnosti pana profesora Gajduška, naznačivšího nám později, v kurzu broušení zrcadel, své úporné dopisování knihy o výrobě astrooptiky, mu vždy býval po boku. Ale mé posunuté studium v Olomouci, i návazné pohybové ochorení, po r.1962, mi zanedlouho kontakt s Ostravou zcela narušilo. Přesto jsem po exempláři astrooptické knihy z pera profesora Gajduška toužil a soustavně ji po léta hledal v Knižních novinkách. Totální nezdar získat ji, přinutil mne v r.1995 realizovat druhý, tentokrát již delší kontakt s panem Kozelským. Obnovil se tím až po 33 letech, a to na dobu necelých deseti let. Napomohla tomu i skutečnost, že má nejstarší dcera Ludmila s rodinou žila na Dubině, ostravském sídlišti. Na pracovišti jsem sehnal od kolegy Bočka adresu manželů Kozelských ve Staré Bělé. Neznalost místopisu sice kuriózně ohrozila mne s manželkou za první jízdy k nim popravdě zbytečnou autonehodou, ale štěstí nám přálo a i ona nepřízeň osudu se mi později nečekaně zúročila v dobro. Neboť náš nouzový dojezd k dceři mne ohromil blízkým sousedstvím domku Kozelských!

Zúročení tkví ve vpravdě doživotním přínosu obsahu gajduškovského manuskriptu mé osobě, ihned půjčeného mi ochotně panem Kozelským ke zkopírování. Vytvářel jej za léčebného pobytu se svou chotí v piešťanských lázních v r.1978 ve svém obytném přívěsu, z rukopisů a poznámek pana profesora Gajduška z údobí až do jeho smrti, i svých. I když byly určeny k již před lety oznamované knize, ta zůstala jen jako rozpracovaná a nehotová, proto ani nevydaná. Materiály zapůjčili panu Kozelskému z pozůstalosti až vzdálenější příbuzní, neboť jeho žena zemřela nedlouho před ním a jejich manželství bylo bezdětné. Pan Kozelský přitom iniciativně sám rozšířil vznikající manuskript o své praktické zkušenosti jich obou, i návody k návrhům a zhotovování mechanických dílů astronomických přístrojů, též i k justážím. Nabídl jej, celek již dvou autorů, jako titul Technologie výroby amatérské astronomické optiky a mechaniky, k vydání Státnímu nakladatelství technické literatury v Praze. Z nečekaného vývoje událostí byl ale zoufalý a hluboce zklamán, neboť SNTL zamýšlenou knihu nikdy nevydalo. Důvod tkvěl v posudku Ivana Šolce, jednoho z nakladatelství ustanovených recenzentů, jenž v něm poukazoval na větší důležitost urgentního vydání optické oborové encyklopedie, jež by k nám přivedla nejmodernější pokročilé optické oblasti i techniky (např. interferenční filtry, optické vrstvy atp.), zatímco předložený manuskript označil za dílo v podstatě technologické a místy, nedopatřením pořizovatele, i s chybami v několika vzorcích i formulacích. Druhý recenzent, Boris Valníček, vydání knihy naopak prosazoval vehementně, i za stavu tak „jak leží a běží“, neboť ji chápal jako unikátně technologicky obsažné, i historicky cenné, dílo. Prohrál však. Metodologický spor vědců, žel, vylil panu Kozelskému z vaničky s vodou i dítě.

V té době jsem zakončoval doktorské studium kosmické plazmy na Katedře experimentální fyziky a vakuové techniky Matematickofyzikální fakulty Univerzity Karlovy a cítil jsem vážnou potřebu odreagovat se od vypětí, spojeného s dokončením mé doktorské disertace. Smutek z nevydání manuskriptu byl na panu Kozelském až natolik zjevný, že jsem jej neunesl ze soucitu s ním, faktickým kmetem. Nabídl jsem mu proto jak odbornou úpravu chyb v manuskriptu, tak i hledání nakladatele jejich díla, jež jsem rozšířil o životopisy spoluautorů.

S prvním záměrem jsem uspěl brzy, ale ochotného vydavatele se mi, samotnému a bez dostačujících finančních prostředků, nepodařilo nalézt v rozumné lhůtě v sektoru ani komerčním, ani soukromém, ba ani akademickém. Volání žízňového v poušti nikdo neslyšel. A pulty knihkupectví bohorovně podbízely titul nakladatelství Mustang Plzeň „Astrosex“ Meg Markové z r.1995, poté ještě dlouho viděný ve výprodeji Levných knih doslova „za babku“. V zájmu pana Kozelského a knihy mi tu zbyla pouhá možnost: vyrobit je ve vlastním nákladu asi 20 neprodejných výtisků, svépomocí sám. Proto, aby v nich zachycené hodnotné Gajduškovy a Kozelského technologické, profesní a životní zkušenosti navždy nezmizely z povrchu zemského. A cestu k lidem jsem pojistil rozmístěním jejich větší poloviny formou bezplatného daru knihovnám několika profesionálů i amatérů v oblasti astrooptiky, i obou tomu příslušných kateder Matematickofyzikální fakulty Univerzity Karlovy a Fakulty strojní ČVUT. To samo bylo bezproblémové. Menší část výtisků měla být osobním darem panu Kozelskému, ve smyslu autorských výtisků. Do okamžiku, v němž jsem mu na jaře r.1997 sedm výtisků předával, jsem šťastnější tvář než spoluautorovu nespátřil. Jen upřímná lítost ji vrásnila, hned jím též vyznaná, totiž z toho, že panu profesoru Gajduškovi, aktérovi jejich podstatné části, osud, přetížeností stálým hladem po jeho kvalitní produkci, shodnou chvíli radosti již nedopřál.

Tak asi mezi námi počalo upřímné a vskutku nezištné přátelství, pouto podporované mými pravidelnými návštěvami, spojenými s mým obvyklým vyjížděním za rodinou mé dcery, za vnoučaty. Bývaly to krásné chvíle, těch pár hodin opakovaně strávených u milých manželů Kozelských. Zvláště v počátku jsem si připadal „jako Alenka v kraji, či říši, divů“ a v půli údobí již jako „Alenka za zrcadlem“. Vzato, pochopitelně, astroopticky. Vysvětlení?

Od samého počátku byla radost pana Kozelského poslouchat, hlavně pro tu spoustu zkušeností, vzpomínek i technologických detailů, jež, jak jsem pak zjistil z jeho manuskriptu, nebyly jím mnohdy ani podchyceny. Sám byl v té době ještě aktivním výrobcem a hojně návštěvy na něm žadonily o pomoc v opravách přístrojů, při stavbě dalekohledů, i jinak. On několikrát hledal pomoc sám, např. s pohliníkováním malého primárního zrcadla, patřícího jím vyrobenému malému dalekohledu pro svého syna. Takto mu vypomoci bylo mně velice příjemné i milé. Zajímal se živě o kdecu, i o ondřejovskou observatoř. Po vzájemné dohodě nás, spolu s manželkou, krátce navštívili. Považoval jsem za velkou čest provést jej jejími historickými prostorami, vyšperkovanými k 100. výročí založení naší observatoře. Ze západní kopule Jana Friče, upravené na pozorovatelnu návštěvníků observatoře, díky adaptovanému 20cm Zeissovu astrografu pro vizuální pozorování oblohy v mé spolupráci s mechanickou dílnou ústavu před několika roky, byl přímo nadšen. Její interiér se mu moc líbil. Zde musím odbočit.

To tedy byla ona výše zmíněná fáze „Alenky v říši divů“. Neboť z hlediska pracovních úkolů našeho ústavu v obou skupinách, v nichž jsem pracoval, se ukázalo zjevné, že obecně existuje hlad po větších a účinnějších světelných astrokomorách. Ten pocházel především ze zájmu kolektivů o kvalitnější a tudíž i o lepší plnění páru výzkumných programů založených na pozorování. Samotným jeho zefektivněním (za sledování a hledání asteroidů blízkých Zemi, i křížičů její dráhy, anebo za nalézání optických protějšků gama-záblesků). Ovšem nákup dobrých dalekohledů u renomovaných světových firem byl, je, a po jistou dobu ještě bude nad současné finanční možnosti ústavu, i celé Akademie věd ČR. Využili jsme dokonce nabídku bývalého ministra financí Mertlíka k umoření části dluhu po bývalé SSSR 1,5m teleskopem z rukou kolegy Skomorovského ze Sibiřské AV v Irkutsku, vše bez úspěchu. A tak opět zbývalo mi jediné řešení. Za dobu práce v Astronomickém ústavu jsem poznal několik relikvů bývalých teleskopů, tj. montáží, větších zrcadel či čoček, jež by bylo možné k tvorbě potřebného dalekohledu aplikací jejich adaptace, nebo renovace, využít. Prvotní validní vstupní branou k tomu byl především Gajduškov-

Kozelského manuskript, přeplněný různými neocenitelnými technologickými informacemi z astrooptiky i mechaniky. Druhým vstupem byla práce expertů na mechanické přestavbě dalekohledu s Gajduškovým 65centimetrovým paraboloidem, šťastně překrytá krátkou dobou mé osobní péče o něj, ti na můj pozdější dotaz projevíli zájem stát se subdodavatelem robotizace montáže a tubusu dalekohledu; jiný expert dále stál o subdodávku výroby field correctoru, tj. „cvikru pro primární paraboloid“, umožňujícího znásobit užité zorné pole přístroje, nezbytné pro to, aby zamýšlený velkorozměrný detektor CCD pracoval na dobrém a typickými optickými chybami paraboloidu nezkaženém velkém zorném poli přístroje. A do třetice, „říší divů“ zhmotnila má optická dílna, v nadšení mnou živelně vybudovaná v mé kanceláři. Do počátků to stačilo.

Poté naše skupina Astrofyziky vysokých energií úspěšně přihlásila tzv. Fialový projekt na CCD-dalekohled s mým základním vkladem: vyrobit mu srdce, tj. světelné primární zrcadlo přimykající se všude pomyslnému ideálnímu paraboloidu pod 60miliontin mm (tj. $\lambda/8$), nepoškrábané, vyleštěné a levné. Čas ukázal, že je, oproti soudu Gajduškovu, „dokáží i holýma ruka s hlavou“. Bohužel, mou jistotu k dosažení vysoce si nastaveného cíle z mezivýsledků, sdílel se mnou jen pár nejbližších kolegů. Nikdo více knihu Gajduškovu a Kozelského nehodlal brát v potaz.

Po schválení projektu, asi půlrok nato, jsem přešel se souhlasem mých vedoucích, i pana ředitele, do druhé fáze a stal jsem se skoro onou „Alenkou (nad i) za zrcadlem“. Rozuměno: nad diskem zrcadla během přebrušování a leštění větších vyřazených zrcadel až do 62centimetrového průměru, za zrcadlem pak během nezbytných jejich optických testů. Lewise Carolla by mé počínání nejspíše pobavilo, či jinak oslovilo. Ostatně totéž potkalo i nepřipraveného Borise Valníčka, náhle vstoupivšího do mé laboratoře v době mého tvrdého manuálního záběru. Překvapen zrakem užil slov: „hle, poslední šílenec vědy střední Evropy!“.

Dokonce pan Kozelský byl mým informováním udiven, ale vzápětí mne ochotně zaopatřoval cennými informacemi, jež měl ještě z doby spolupráce s panem profesorem Gajduškem stále v dobré paměti. Při mých návštěvách si dával vyprávět, jak jde dílo dopředu, a ze životní své setrvačnosti naznačoval, že také on by rád přiložil ruku k mému dílu, být ovšem mladší. Věřím, že v takové situaci by to bývalo jiné, vždyť to během svého života jasně prokázal, až často. Zatěžovat jej v Ostravě, tolik vzdálené Ondřejovu, v jeho věku prostě dobře nešlo.

Zhruba před dvěma roky jsem dokončil zmíněné „srdce dalekohledu“, tj. paraboloid 500/1975mm, tj. se světelností 1/3.95 a s odchylkou od ideální teoretické plochy pod $\lambda/8$, nepřesahující oněch zmíněných 60nm. A v listopadu 2002 pak Vývojová optická dílna Akademie věd ČR Turnov pořídila jeho autorizovaný Atest. Ten nám potřebnou optickou kvalitu plně potvrdil.

Další postup produkce tak potřebného přístroje pro naši skupinu Astrofyziky vysokých energií, žel, přes všechno mé úsilí, uvázl na mrtvém bodě neuspokojivého plnění návazných dodávek sjednanými subdodavateli. A tak je jimi aktuálně odhadovaný termín zprovoznění teleskopu fialového projektu snad podzim 2004. Stroze a s lítostí konstatuji, že takto zmíněný, nepředvídaný a nečekaný vývoj slibně rozeběhlého projektu je pro nás, a mne osobně, krutým zklamáním.

Pokud se zdá, že se má, v tomto aspektu zdánlivě nevztázná, pasáž mým vzpomínkám na pana Františka Kozelského vymyká, pak věřím, že s nimi naopak souvisí, a úzce. Ukazuje totiž zřetelně, že dokončení prací na uvedeném Fialovém projektu, bylo u mne vázáno hlavně motivací a morálně volními vlastnostmi. Totéž jsem po příslibu subdodavatelů očekával od nich, neboť fialový projekt je řetězcem návazných činností a pokud jakýkoliv mezičlánek selže, pak selže projekt jako celek „jakbysmet“. Jistě, mohu se i mýlit, obávám se však, že mnou poznaná a zde uvedená absurdnost stavu zablokovaného fialového projektu plyne z nárůstu eroze odpovědnosti a z laxnosti k etickým pojmům jako jsou důvěra, spolehlivost, váha daného slibu a slova, kolegiálnost atp., v současném podnikatelském prostředí naší republiky, na jejíž opačnou mnohaletou tradici se tak rádi odvoláváme. Odhaduji, že dříve, mezi válkami, za, i po ní, mnou udané projevy vesměs možné v takovém rozsahu nebyly, neboť to bývaly přestupky legislativně exemplárně postižitelné. To dokazují výše uvedené okolnosti života, cílů a hlavně dosažené výkony jak pana Františka Kozelského samotného, tak i pověstného ostravského tandemu Gajdušek-Kozelský, jako odpovědných producentů kvalitních astronomických přístrojů. Tenkrát ani jeden z nich dodavatelskou laxnost nesnesl, o to méně ve dvojici. Proto pasáž mého zklamání z několika moderních výrobních vazeb končím vyslovenou tužbou, nechť nám pánové František Kozelský, spolu s panem profesorem Ing. Vilémem Gajduškem, zůstávají i nadále nejen vzorem, ale i výstrahou. Vzorem tím, čeho vlastní iniciativou, talentem i pevnou vůlí v nelehkých dobách dosáhli. A výstrahou tím, že opustit jimi prověřené životní zásady beztrestné není! Raději zavzpomínám.

K jedné z nejkrásnějších návštěv došlo kolem r.2000, kdy mne oba manželé dovezli vozem do Příbora, od Staré Bělé nepříliš vzdáleného, k hrobu pana profesora Gajduška, navíc za nádherného jarního počasí proto, abychom mu společně složili náš skromný hold. Mnohokrát jsem onou periferií města projížděl z Frýdku ve směru Olomouc, i jinam. Nikdy mne ale nenapadlo, že zde je místo posledního odpočinku vzácného odborníka. Památkou na krásné údobížití manželů Kozelských, jež již, naneštěstí, nebylo dlouhé, je pár snímků a vzpomínek.

Nedlouho nato, za telefonického smlouvání mé další návštěvy u Kozelských, jsem se totiž dověděl z úst paní Kozelské zprávu o neštěstí, jež oba manžele a jejich syna, když řídil jejich auto na cestě do Vyškova k starší sestře,

potkalo. Totiž, že na dálnici před Vyškovem je postihla těžká havárie, po níž ona má zlomená žebra, pan Kozelský přeraženu čelist a z níž jejich syn vyvázl naštěstí jen s nepříjemně krvácejícím povrchovým zraněním. Jejich automobil byl na odpis. A příčina? Na dálnici je, cestující vzorně rychlostí 90km/hod, měl míjet mladík ve výkonném voze, jedoucí naplno s rychlostním rozdílem 80km/hod ve stejném směru. Při vysoké rychlosti se jim včas ale nevyhnul a zezadu do nich narazil. Zázrakem vskutku bylo, že jejich bilance nebyla až zcela hrůzná. Myslím si, že v tom okamžiku skončila zlatá éra mých návštěv u manželů Kozelských. Ale zdaleka nejhůře hodnotím fakt, že prostálý šok i počáteční stresy za havárie a po ní, i bolestivost při vyslovení každého slova v čelisti, stejně jako citelnost zlomenin žeber i naraženin jeho manželky, byly pro ně oba nezaslouženým utrpením. Neboť je nečekaně nešťastná událost potkala náhodně a plným zaviněním úplně jim neznámého a neodpovědně lehkovážného mladíka. I když se oba z havárie po pár týdnech lékařských zásahů i léčby počli zotavovat, bylo všem jasné, že při jejich věku to, pochopitelně, nemohlo zůstat zcela bez následků. A také nezůstalo...

Poslední milou událostí byla má společná návštěva s manželi Kozelskými u pana Antonína Pavlíčka v Chuchelné. U amatéra hvězdáře i astrooptika a muže mnoha profesí. Ta následovala po jeho návštěvě spolu s Pavlem, jeho bratrem-dvojčetem, u pana Kozelského ve Staré Bělé, spojené s jejich exkurzí, profesionálů – nástrojařů, v Mistrově království. Tonda má na zahradě postavenou malou otočnou kopuli, i dřevodílnu. Je tím známý celému širému okolí. Tam jsem viděl pana Kozelského naposled pookřátého a uvolněného, ve viditelně dobrém rozmaru ze spatřené šikovnosti mladšího bližního svého. Evidentně se mu v Tondově truhlárně líbilo, o vše se živě zajímal. Já jsem v té době měl termínových starostí z dokončení 50centimetrového primárního paraboloidu Fialového projektu Akademie až nad hlavu. Stejně tak narůstaly i problémy ze stran subdodavatele speciálních optických a návazně i strojních komponent. V Chuchelné jsem, pro ono své zatížení, stačil být málo vnímavý tentokrát já. A tu někde se počla celá situace, vztažená k panu Kozelskému, pomalu a jistě zhoršovat.

A její konec ještě rychleji hatily důsledky dceřina přestěhování se do asi 10km vzdáleného sídliště Ostrava-Poruba. Též nárůst nervozity na mém pracovišti v průběhu minulého roku se připojil. A jako z udělání, i mé zdraví mne poněkud pozlobilo. Nebylo již pro mne tak prosté svobodně vycestovat k Staré Bělé jako dřív, tedy jen podle přání svého srdce a jednoduše, ale hlavně pravidelně. Počet mých návštěv se tím omezil právě v údobích, kdy se tělesný stav pana Kozelského již komplikoval a kdy bylo zjevné, že zdravotně již počal vážně strádat. Usiloval jsem se jej navštívit co nejdříve. Za telefonické gratulace k jeho 91. narozeninám mne paní Kozelská seznámila s jeho vyhroceným zdravotním stavem a ochotně mi umožnila návštěvu u nich doma v odpoledních hodinách dne 15. dubna 2004. Bohužel, pan Kozelský mne již nedokázal vnímat. Byl jsem jeho choti hluboce vděčný za vstřícnost při poskytnuté mi možnosti shledání s ním i přesto. Vycítil jsem totiž povědomě svou poslední příležitost se alespoň takto s oním velkým a přirozeně skromným a milým člověkem, jakým pan Kozelský nesporně po celý život byl, rozloučit po svém. Následující události daly mé předtuše zapravdu. Po návratu do Ondřejova jsem odpoledne dne 19. dubna obdržel od paní Kozelské smuteční oznámení v němž jsem se s dojetím dočetl o skonu jejího manžela již o tři dny dříve.

Odešel skromný a velký člověk. Tiše a bez okázalostí, ve shodě se stylem, jakým i žil.

Smuteční obřady proběhnou dnes ve Husově sboru Staré Bělé u Ostravy o 14.hodině.

V Ondřejově dne 21. dubna 2004, 01:15 SELČ

duben 2004 doplňkový text na <http://hisec.astro.cz>, mírně ovlivněný údaji, touto revizí zpřesněnými (k nekrologům v Kosmických rozhledech (*Říše hvězd*) 3/2004 str.36 a v časopise Kozmos 3/2004 str.40)

Tečka za tím vším. (E p i l o g.)

Přečtená kniha plodí smíšené pocity nevydáním, nalézá-li svou obsažností jen těžce obdobu ve světové literatuře. Má zmínka o cílené lícovnosti v konci prologu vede mne v reminiscenci ke slovům Mistra Rafaela Kubelíka o ní, vyřčeným jím za interview při návratu do vlasti. Mistr jimi naléhal na diváky „abychom jí nadále nenechávali mezi námi místa. Pokud se naše slova vzdálí našim činům, zlepšení nečekejme! Národu pomoci nebude, jen bude o to více sražen!“ Mistr si tehdy bral na mušku byrokratický schematismus s politickým nátlakovým nonsensem včerejška. Ale ta slova mají, přestože opodál rovu Dr. Zdeňka Kopala sní na vyšehradském Slavíně již svůj věčný sen, aktuálnost trvalou.

Ona aktuálnost leží v rovině etické proporcionálnosti, ta je dnes, některým z nás, snad vzdálenější než svět planety Pluto, o němž se dovídáme oproti bývalým představám stále více dřív nedosažitelného, netušíce ani, že ony některé celebrity v tradičních hodnotách naší civilizace *de facto* mentálně migrují do periférií. V době mého jinošství hodnotil o dvě generace starší otec raketovou techniku té doby jejím poměřením se starořeckými názory, jimž niterně a v souvislosti s celoživotní praxí, jednoznačně stranil. Životní zkušenosti z mocnářství, fronty, republik, protektorátu i poučora jej naučily chápat Homéra, jehož Iliada a Odyssea se mu zpřístupňovala v čase misí lorda Runcimana u Henleina, „stranika předmnichovské ČSR“. Nejspíše si již uvědomil, že nebezpečí pro lidstvo číhá v individuálnostech člověka samotného. Což jej netěšilo, a nejen jej.

Ani já nejsem nadšen některými společenskými fenomény, vzdalujícími se pomalu a zlehka mému chápání, nesporně i s narůstajícím věkem. Ani ne proto, že jsem „mňh vnímavý a neasertivní“, ale předně tím, že svou podstatou občas evidentně překračují práh mých životních návyků i zvyklostí mé výchovy (v návaznosti na hodnoty vyznání, do vysvědčení obecné školy tehda vpisovaného) svou cizorodostí. Netěší mne rádobý dojemně objevný internetový esej redaktora ČT, tj. publicisty, těch fakt, že klasikův verš „Čest práci každé, která dobro plodí, nechť mává kladivem, neb řídí pluh...“ je osobitě jen Internacionálou a tím svou faktickou neobsažností je v dnešku zprofanovaný. Naopak, tu báseň, co mé mamince, pamatující nouze i nedostupnosti prvorepublikové, lidově-demokratické, ba i socialistické, vhánívala svou obsahovou hloubkou slzy vroucnosti do očí, si do smrti v srdci ponechám jako upřímné, pokorné, živé, i životadárné krédo, „ať si píše kdos cokoli“. I právě dočtená kniha spoluautorů stvrzuje to, že iniciativně se onou básní, jako amatéři i profesionálové, motivovali samovolně a niterně též a že ona obrazně jim byla oním, jinými beznadějně hledaným, zdrojem úspěchů, iniciativy, i dnes již nebývalé vůle, nadšení a pozitivních i unikátních výsledků snažení, kvalitních děl i osudů. Bojím se, že dnešní hodnotový žebříček již nestojí pevně na racionálním jádru, což je reakce, v dnešním klimatu společnosti stále akceptovanější. Konzumní životní styl, dnes libivostí nám, nepoučitelným historií i Biblií, účelově ordinovaný „úklonky zlatému teleti“, hrozí přehradit v tišiny peřeje invencí i pokroků v nás samých. Zvažme o jak vážný aspekt společnosti jde, je-li ordinován povrchním levným pozlátkem samoučelné teze „profit za každou cenu“.

Praktikujeme-li nekriticky střed předchozího odstavce akceptací neiniciativní denní všednosti a šedivosti, fakticky si subjektivně snížíme světlou památku celebrit typu Williama Herschela, Lorda Rosse, Alvana Clarka, Williama Lassella, i bezpočtu dalších, nejdříve amatérsky vykořičivších iniciativně es vědy a techniky do života, spoluautory předložené knihy z toho nevyjímaje. Čím? Přetažením jich do nereálných kontextů. Skutečností sic je, že od dob jejich žití se potenciály průmyslově-technologického, technického, vědního, i finančně-zdrojového pokroku znásobily a že dnes již obří moderní teleskopy vyrobíte jen profesionálně, ale iniciátoři toho představují stejně významné osobnosti dnes, jako jejich předchůdci ve svých dobách, právě onou iniciativností. Základem pokroku ani technokracie, ani byrokracie, jako složky manažerské, nejsou, vymezí-li se jen pomocně, bez citu, tj. *leitmotiv*. Naopak, pokrok zaručila cílená a iniciativní tvůrčí práce kolektivů vědy i výzkumu, když jedinec na něj byl již slabý. Ale konsumem, hýčkaným technokraty, jde-li o jeho dnešní projekce na distribuce efektivit vynaložených prostředků, si již zdaleka tak jisti nebýváme. Jsou o to vyváženější i optimálnější oproti dřívějšímu? Nejsou snad byrokracie, dusící českou vědu i Evropskou Unii, anebo postoj administrativy NASA k bezpečnosti raketoplánů, jakož i problém šokující nepatřičné figury hýčkaného primáru HST „až v prvním světle“ tmem, či varováním v očích obezřetnějších v příšeří skepse nad částmi výkonů a výsledků, či návazných vědeckých výstupů? Lobbyismus, anomálie etiky, korupce, diversifikace kriminality atp., to vše si, teď pojmenovatelné, nadále navyšuje své negativní projevy. Nekryjí „náladu vůči iniciativě ve vědě obecně“ ochranný pud manažerismu negativně polarizovaných? Prof. Shapley uvedl trilogii Amateur Telescope Making svým pojetím astronomie coby přemíry práce, všech všem! Amatéry, ty přínosné, vábívá tříšť práce, profesionály objektivně svou odtážitostí nestíhatelná [25]. Tedy iniciativní symbióza astronomie, profesionální s amatérskou, znamená, dle Shapleye, cestu vpřed.

Potrvá-li neserióznost části podnikatelů (viz str.3), astrooptika bude nucena tržně vyznat „trojici zboží“, již roztřídí buď

- 1) kupa peněz, kryjící vysoké cenové hladiny výrobků renomované značky, či
- 2) vcelku slušné peníze za dalekohledy levnější, s rizikem možné značné nekvality skryté, či dávané na odiv, nebo
- 3) skromné finance, zrcadlící úpornou cestu samovýroby tandemu Gajdušek-Kozelský, za aktuálních možností daných dobou.

Ad 1) Naše společnost prošla stratifikací, nevídanou po 50let. Dnes jsou vrstvy movité i nemovité běžné. Pomiňme dogma, že dostatek či nedostatek finančních prostředků odvisí buď od asertivního jednání, či od fatálního osobního selhání a poukážme jen, že v době aktivního života spoluautorů byla společnost jiná. Jim býval aktivní a iniciativní přístup, k životu i k astronomii, motorem touhy překonat nedostupnost, či nedostatečnost, nutných zařízení pro astronomii. Iniciativní chování obou, se světově kompetitivními výsledky i v čase války, nemůže ani dnes (viz obsah knihy výše) nikdo zlehčovat floskulí „neodborná anomálie laického amatérismu totality komunistické, či protektorátní“. Takové subjektivní tvrzení by totiž nesvedl ani dokázat, ani prokázat pro svou zjevnou podjatost, zvláště je-li mu tato oblast cizí a nedokázal-li on v ní ničeho. V ostrém protipólu k trendům elitářské segregace se tak dostáváme k strohé logice následných vývodů:

a) Movitý a vysoce postavený člověk, si pro potřeby i záliby vybírá buď co může, či to, co je vhodné, si dovolit. Chudší bývá limitován ostře, chudý na výběr nemá. Není etické, aby strana první „dávala zájemci astronomii prospět, chudší, i chudšímu, levitý“ za nesolventnost pro koupi luxusního přístroje renomované světové firmy, či zvažuje-li realnost svépomocného řešení úměrným přístrojem (za břítky posouditelných podmínek dosažitelnosti kvality, jsoucích zcela v jeho moci a bez nebezpečí „koupě zajíce v pytli“). Kniha výše dokazuje, že Mistři Gajdušek s Kozelským, jako aktivní profily své doby, prokázali, že zde slovo veta každého, neprošlého touto cestou, nemůže mít jinou než mocenskou váhu. Obludně nebezpečnou byla by historie lidstva bez velikánů, společnost bez Herschelů, Ritchey, Väisälä, Huygense i jiných, čínicích v zájmu rozvoje civilizace a z iniciativy vlastního zájmu.

b) Zcela analogicky je irrelevantní nevztahovat na ekonomické prostředí neziskových státních institucí, i soukromých podnikatelů, etické a morální apely kladené jednotlivcům. Je marné usilovat o přístrojové zařízení, či o materiální nebo finanční prostředky, provází-li návazná sáhnutí do kapsy jen rozdírání palce i ukazováku o ostrý šev v hloubce jejího prázdna, je-li vskutku taková. Nevystačíme s pověrou, že chudoba ctí vědce více, než advokáta či ekonomického stratéga v legislativě a při koncepci právního státu. Povinností i apelem vědce je, a to univerzálně, nalézání zdrojů a perpetuum mobile poznávání, k jeho další progresi. Což potkalo pracovní skupinu AVE před projektem CCD 50tky, kdy finance státu pro potřebný přístroj, od renomované firmy „na klíč“, Akademii chyběly. Bázi pro něj jsme našli v depozitu, i s odepsanou paralaktickou montáží. To bylo východiskem, řešením, a nikoli mání vetešníků. Nelze se smířovat s tvrdou realitou anachronizmu chování soukromého subdodavatele korektoru pole, jím zálohově již vyfakturovaného, zmrtvívá naše slibně rozběhlé iniciativní řešení východiska svépomocné výroby potřebného a jinak nedostupného dalekohledu k naší práci. Totálně jsme vyčerpali naše omezené pravomoci a logicky, má-li vedení ústavu kompetence širší, je jeho legislativní povinností vynutit si soudními mechanismy náležitou změnu chování smluvního partnera, aby jeho subdodávka ústavu náš Fialový projekt neblokovala, a to co nejdříve. Naše bezvýhodná situace je známa nejméně po dva naše zmíněné roky (viz str.142, spodní půle) a je tak protipólem k výše uvedeným přístupům a dílu spoluautorů stránek, v plnění daného slova, v adekvátnosti morálky a „tahu na branku“. Právě proto mohou sloužit činy a přístupy spoluautorů za vzor serióznosti až do dnešních dnů.

Ad 2) V kontextu s uvedenými fakty, je nabízení i podbízení třídy levnějších dalekohledů dnes, oproti dnům totality, pocit'ováním autory v mnohých tehdy významných ohledech neblaze na vlastní kůži, přec jen jiné. Dnes v republice fungují obchodní firmy s nabídkou zahraničních astronomických dalekohledů a příslušenství, s minulostí nesouměřitelnou. Do jejich příchodu zájemci museli, vše co mohli, udělat si svépomocí sami. To jasně podnítilo dílo zde výše uvedené. Nesyt' me se dnes ale euforií, že každý nabízený dalekohled je výhradně kvalitní kus. Pozor na falešné sebeuspokojení! Ve vlastním zájmu využijte knihu, i jiné, a staňte se experty na odpovědné testy. Dovolí-li vám prodejce přístroj si vybrat, ověřte si garanční postupy u něj, též i po bídném výsledku testu (viz zde na str. 123 druhý odstavec shora, či např. v [25] str.429; poznámka revidenta). Jde o nutnost! Před dvaceti lety stránky renomovaného časopisu Sky and Telescope uváděly iniciativně detailní zprávy testů v USA tvořených astronomických zrcadel. Balance kvality tehdy zarážela! Zvažte, že i 'kolorit' opticko-mechanického řešení Schmidt-Cassegrainů fy MEADE není ideální. Nenechte se uspat servilností prodejce, či jeho krásnými slovy!

Ad 3) Jde o případy přístrojů typu Gajduškovy produkce větších zrcadel, ověřené jeho praxí i výstupy, za pomoci návodů spoluautorů v této knize uvedených a zúročených i vlastní invencí. Prokázal jsem, že větší kvalitní zrcadla vyrobíte i bez brousícího stroje, na němž Kapitola II, výše, lpí. Samovýroba nám mj. refletovala plán investic, jenž r.1999 pro skupinu AVE neměl 110.000 Liber, pro 60tku britské Telescope Technologies, Ltd., na klíč. Nutná je „výborná mechanická dílna v zádech“, i kvalitní skla disků zrcadel. Naše šrámy praví: riskantní je svěřovat nesolidní firmě optické subdodávky jen pro punc profesionality samotný, výsledek může být lichý. Potřebujete začít? Prostudujte tuto knihu s chutí, s ní vám vše půjde lépe!

Načrtl jsem situaci prokázané praxe a odvolávám se i na krédo spoluautorů knihy z konce předposledního odstavce oddílu „(Pra)Úvodní poznámka“ nahore. To je meritem iniciativy všech tvůrců. Spolu s fenomény historií, tedy astronomie versus astrooptiky a vice versa, nám to hrubě, a trefně zevšeobecnění přeci jen nabízí. Kvality člověka jsou lehce ohmatatelné za krizi. V nich má jeho charakter šanci projevit se výrazně. Zamysleme se tudíž, za sledování kontextu rozvoje astronomie druhé třetiny předminulého století, nad tím, co pozitivního poskytl neúspěšný projekt velkého reflektoru poblíž města Melbourne v jihovýchodní Austrálii, spojený se zadáním výroby jednoho z posledních velkých teleskopů, osazených kovovým zrcadlem o průměru 122cm, s $A=1:41,6$ irské firmě Thomas Grubb. Jeho komise, vedená T. R. Robinsonem, s významně význačnými členy oné doby, jakými byli Lord Rosse, William Lassell, i Sir John Herschel, jej zahájila z Anglie od stolu, akademicky odtažitě, tj. bez snah o úplnou znalost věcí, lokality, ba i na něm zúčastněných osob. Kupodivu jej vedli, oproti dřívějším svým profilům, neprozřetelně a nepředvídatě, tedy překvapivě dosti krátkozrace, což zapříčinilo, že ve svém výsledku byl osud onoho dalekohledu fiaskem astronomie australské, i britské, ale nejen to. Neblaze ovlivnil efektivitu rozvoje tehdejší astronomie světové na čtvrt století [26]. Zdá se být paradoxem proto to, že otec Sira Johna, královský astronom i astrooptik William Herschel, bývá považován některými průzkumy dneška za nejvyšší celebrity obou těchto oborů všech dob? Co když zmíněné odborné zaváhání Sira Johna, při práci zmíněné komise jako celku, oproti reputaci jeho otce, pramenilo z kvalitativní rozdílnosti přístupů k realitě obou? U Sira Johna z rezervovanosti, odrážející jeho postavení elitního astronoma, i smýšlení syna již fenomenálního otce? Neskřízel naopak William Herschel své úspěchy až v odezvě svých počátečních těžkostí a strázní, s nimiž se dokázal i poprat, nesouměřitelných s počátky jeho syna Johna? Choval by se otec stejně jako jeho syn? Je-li o něm dnes tak vysoké mínění, mějme za jistotu, že by se jako svůj syn nechoval.

U spoluautorů knihy platily podobné nešvary za cizí. Za života se jich nedopouštěli. Modernímu duchu jak podnikatelství, tak i podnikavosti, mohou tak sloužit za světlý inspirativní příklad velmi dlouho, tedy potud, pokud parlament i senát se, do reálných rolí své legislativní odpovědnosti zadané jim ústavou České republiky, samy v plném jejím smyslu nekonstituují.

Literatura

- [1] Danjon A., Couder, A. : Lunettes et télescopes, Rev. d' Opt., Paris, 1936
- [2] Ritchey, G.W.: On the New Methods in Making Large Reflecting Telescopes, Bull.Soc. Astron. de France **40**, p.57 (1926)
- [3] Havelka, B. : Geometrická optika I, NČSAV Praha (1953)
- [4] Například Říše hvězd ročník 1940, čísla 1, 2, 4, 6, 7 a 12
- [5] Strömgren, B.: Das Schmidtische Spiegelteleskop. Vierteljahrsschrift der Astronom. Ges **70**, 65 (1935)
- [6] Linfoot, E. H.: On the Optics of the Schmidt Camera, M.N.R.A.S. **109**, 279 (1949)
- [7] Linfoot, E. H., Wayman, P.A.: On the Aberrations of the Fieldflattened Schmidt Camera M.N.R.A.S. **109**, 535 (1949),
- [8] Linfoot, E. H.: Some Recent Applications of Optics to Astronomy, M.N.R.A.S., **108**, 81 (1948)
- [9] Wright, F. B.: Theory and Design of Aplanatic Reflectors Employing a Correcting Lens, in Amateur Telescope Making II, (for Advanced) , p.401, Scientific American, Inc. (1959)
- [10] Baker, J. G.: The Solid-Glass Schmidt Camera and New Type of Nebul.Spectrograph, Proc. Am. Phil. Soc., **82**, 323 (1940)
- [11] Baker, J. G.: A Family of Flat-Field Cameras Equivalent to Schmidt Camera, Proc.American Phil.Soc., **82**, No.3 (1940)
- [12] Linfoot, E. H.: On Some Optical Systems Employing Aspherical Surfaces, M.N.R.A.S., **103**, 210 (1943)
- [13] Linfoot, E. H.: The Schmidt-Cassegrain Systems and Their Applications to Astron.Photography, M.N.R.A.S.,**104**,48 (1944)
- [14] Slevogt, H.: Über eine Gruppe von aplanatischen Spiegelsystemen, Zeitschrift für Instrumentenkunde, **62**,312 (1942)
- [15] Höhler, H: Die Entwicklung der aplanatischen Spiegelsystemen, Astr.Nachrichten, **279**,Heft 1/2 (1949)
- [16] Maksutov, D. D.: New Catadioptric Meniscus Systems, Journ. Opt. Soc.Am., **34**, 270 (1944)
- [17] Wynne, C. G.: New Wide-Apperture Cata-Dioptric Systems, M.N.R.A.S., **107**, 356 (1947)
- [18] Hawkins, D. G., Linfoot, E.H.: An Improved Type of Schmidt Camera, M.N.R.A.S., **105**, 334 (1945)
- [19] Whipple, F. L.: Harward Meteor Program, Harward Colledge Observatory Cambridge (1947)
- [20] Hendrix, D. O.: An Extremely Fast Schmidt Camera, Publ. Astr.Soc. Pac., **51**, 158 (1939)
- [21] Väisälä, Y.: Anastigmatisches Spiegel Teleskop der Sternwarte in Turku, Astr.Nachrichten, **254**(1935),S.361
- [22] Dossier, B.: Recherches sur l'apodisation des images optiques, Thèse, Paris 1954. Editions de la Revue d'Optique
- [23] Osterberg, H., Wilkins J. E.: Journ. Opt. Soc. Amer., **39**, 558 (1949)
- [24] Lansraux, G.: Revue d'Optique, **26**, 24 et 278, 1947, Thèse, Paris 1952 Revue d'Optique, **32**, 475 (1953)
- [25] Amateur Telescope Making, Book 1, p.xi, Scientific American, New York (1962)
- [26] Wilson, R. N.: Reflecting Telescope Optics I, p.410-4, A&A Library, Springer (1996)
- [27] Polášek, C.: 1,5-stoletý 8" objektiv Alvana Clarka hvězdárny AsÚ AVČR v Ondřejově, Scripta Astronomica **9**, p.62, (2002)
- [28] Whittaker, E. R.: Einführung in die Theorie der optischen Instrumente, Seiten 77-79, J.A.Barth Leipzig (1926)



Teleskop Meniscas 150/2250 firmy Carl Zeiss Jena, za nějž získal pro Lidovou hvězdárnu v Rimavské Sobotě Dr. Pavol Rapavý dohodou s Ing.Milanem Vlčkem ostravský 16cm refraktor „zrobený“ pány Gajduškem a Kozelským (viz str.5)

Rejstřík

A

Abbeovo číslo	62,63,74
Aberace chromatická	61,70,75,78/9,100/3,108,112,114/5
Aberace korekce pro elipsoid z paraboloidu	48
osová	22,23,49,57,60,72,83,87,93,115
sférická	25:6,39,48,63,70,78/9,81,97,99, 101,103,104,115,118,121/4
zonální	22,26/30,38,41/2,49,50/60,66/7,70
absorbce	108
achromatická čočka v kombinaci s meniskem	113
korekční deska	108/9
achromatický meniskus	111,114
achromázie	68,70,74/5,79,81,108,111
achromatická Barlowova čočka	42
achromatický objektiv	6,8/9,11,61/4,68/70,72,74/6,113
okulár	79/80
antireflexní vrstva	73,103
aplanatický objektiv	11,71,74,80,92/4,108
apodizace	118/120
apodizační efekt	119
asférická plocha	9,11,99/100,102/4,110
astigmatická optická plocha / viz astigmatismus osový	
astigmatismus osový	23,25,34,39,56/7,59/60,72,74,81,83,93,105
mimoosový (šikmých paprsků)	47/8,78/80,93,97,99, 101,107/8,111/2,114/5
zjišťování okulárem během stínové zkoušky	23,90
astronomické komory	101/120
asymetrická optická plocha / viz astigmatismus osový	
autokolimace	41,48/9,50,62,68/71,75,90/93
azimutální montáž	5,94,136,138

B

Barevná (chromatická) vada	61,63,78/9,100
diference zvětšení	78
brousící miska	14
prášky, brusivo	13
proces	15/7
stroj	53/5
broušení brousícími miskami menšími než zrcadlo	54/5
hrubé	15/6,54
jemné	16/7,54/5
kovovými miskami	54/5
optiky	13/20
ruční	5
skleněnými kotouči mezi sebou	5/7,54/5
Schmidtovy korekční desky	103/107
strojové	53/5

C

Cassegrainův	
dalekohled	42/3,44/51,85/6,87/90
dalekohled justování, centrování	87/9
dalekohled klasický optický systém	48
konstrukce okulárového výtahu	86
dalekohled objímky primárního zrcadla	86
dalekohled objímky sekundárního zrcadla	85
dalekohled modifikací elipsoid-konvexní sféra	48/50
dalekohled sféra-zploštěný sféroid	50/1
dalekohled požadavky na tubus	85/6,87/90,121/124
dalekohled výpočet paraxiální optické soustavy	44/5
dalekohled zastínění parazitních paprsků	89/90

dalekohled centrální zastínění primárního zrcadla	
	43/4,46,84,117/9,121
centrování achromatického objektivu	90/93
čoček achromatického objektivu	65/6,68/73

okulárového výtahu Cassegrainu	86,88
okulárového výtahu Newtonu	43/4,84,86/7
primárního zrcadla Cassegrainova	88
primárního zrcadla Newtonu	87
sekundárního zrcadla Cassegrainova	88
sekundárního zrcadla Newtonu	86
ceresín	9,23
červeň	13,17/20,23/4,29/31,34/5,37,41,55/57,59,61/2,71/2
leštící, anglická	17
čištění optických ploch	91
čočkové achromatické objektivy	61/75
čočky	
brýlové bikonvexní	61
meniskové	61
objektivu lepené	71/2,80/1,108,115,118/9

D

Dalekohled	42/47,48/51,83/95,97/125
Cassegrainův	42/3,44/51,85/90,117/125
čočkový, refraktor	61/76,85/6,90/1,117/125
Dallův-Kirkhamův	48/50
Maksutovův	111/114
montáž 94/95	
Newtonův	42/4,47,83/7,117/125
praktický výkon	77/82,117/125
Pressmannův-Camichelův	50
rozlišovací schopnost	26,42/3,60,81/2,117/125
rozlišovací schopnost detailů	26,43,81/2,117/125
rozlišovací schopnost dvojhvězd	26,81/2,117/125
Schmidt/Bakerův	108/111
Schmidt/Cassegrainův	107/108
teoretické parametry	43/4,98,100/3,108,111/2,115/6
terestrický	98,118
tubus	42/5,50,84/6,88/94,98,108,112/3, 121/4
zrcadlový	14/60,117/125
zvětšení	8,40/5,77/82,117/125
diagonální rov. zrcátko	40/1,44,77,84,87,94,112/3,116,118,122

E

Elektrit	13
Elipsoid	
vejčitý	47
zploštělý	46,97,107

F

Falešný obraz v dalekohledu	73,110/1
Foucaultova stínová zkouška	20/23,27/29,57/60
formování leštiče teplem	19,55/7
leštěním	19,23/4
za studena	15,39,56
fotografická komora	97/115
aplanatická	97/8,108/110
aplanatická, rovinná kazeta	102/3,108/111,113

H

Hliníková reflexní vrstva	4,38,57,85,121
Hyperbolické konvexní zrcadlo	41,44,47/8,69,129
Hyperboloid	27,46,48,70

I

Index lomu	62,63,70,72,74/6,81,99,102/3,111,114/5,120,124
Cauchyho a Cornuův vzorec	75
interferenční zkouška optick.plocha	35,37/8,57,66,70,73,98, 102 102

K

Karborundum	13
Koma	47/8,50,63/4,73/4,89,91/3,97,99,103,107,111,112,114/5
kontakt leštiče s plochou	19,22/4,30/1,34/5,37,53, 55/6,71,139
korund	13

kuželošedky 44,46/7

LLeštění 4,13,17/20,22/3,29/35,37,39/40,49,53/60,
68/72,98,104/6,121,128,131,139,142leštění menšími leštiči než zrcadlo 32/3
převísem 30/1leštění na smole 17/20,23/4,30/8,68/73,75,106
na včelích voštinách(mezistěnách) 54/6
Schmidtovy korekční desky 111leštiči.rouge 13,17/19,23/4,30/33,35,37,55/7,59/60,71/2,75,91
miska, leštič 18/22,24/5

miska smolná, příprava 18/9

M

Materiál brusný 13

Meniskus 61,67,70,111/6

modifikace Bakerovy 101,102,105,106,112/115

Linfootovy 105,106,112,117,119

Wrightova 101,111

montáž azimutální 66

paralaktická 66/67

N

Nestejnorodost skla 63,120

nestejnorodost vzduchu 120,122,124

O

Objektiv dalekohledu achromatický 61/74

aplanatický 93,97

anastigmatický 108

(In) Objektivbeschaffenheit 63

objímka achromatického objektivu 61/75

primárního zrcadla Cassegrainu 86

primárního zrcadla Newtona 83

sekundárního zrcadla Cassegrainu 85

sekundárního zrcadla Newtona 84

obraz sklenutý 47/8,97,99,102,115

oddělení naříznutého skla 14

ohnisko fyzikální 47

geometrické 47,49

paraxiální 44,47

ohnisková plocha 102

rovina 43,47,89,103,107/8,124,127

vzdálenost neznámého okuláru 82

vzdálenost výsledná Cassegrainu 43

ohybový obrazec 28,39,42,44,81,84,87,92/3,100,117/125

kotouček 87,92/3,117/121,123,125

kroužek 81,87, 92/3,100,117/123,125

okulár astronomický 77/82

Huygensův 78/9

jednoduchý z plankonvexní čočky 77/8

Kellnerův 79

Mikroskopický 41,53,122

Monocentrický 80

orthoskopický Zeissův 81

Ramsdenův 79

Terrestrický 118

Symetrický 80

optický systém.orthoskopický 39,42,79/81,129

oštipování hran skla 14,65,92,107

otvorová vada:
25/ 27, 41,46/48,61/4,68/70,74/5,87,92,99/100,108,117/9**P**Parabolické zrcadlo 3,4,5,11,22,25/30,41,43/8,50/1,59,68/9,
74,84,98/9,113/6,121/2,129,131/2

Paraboloid 26/7,30,34,47/50,59,97/8,107,132,139,142,143

Parabolizace 25/34

Plavení brusiva 13

leštiči červeně 13

pnutí skla vnitřní 4, 21,22, 24,32,38,39,75,79,132

litého kotouče 4,24/5,35,58,62,128

předválečné produkce 24,40

zrcadlového 24,22,35,40,131

podkorigovaný objektiv 25,29,46,47,50,58/9,69/73,75,128

podstavec na zkoušená zrcadla 21

poloměr křivosti sférické plochy 14,25/26,39,44/7,54,66/7

zóny asférické plochy 28/9,33

překorigovaný objektiv 29,47,58,68/9,70,75,79,83,121

příčkový tubus 85,89,122

pupila vstupní 41,61,77/8,80/2,102,107,118/9,122/124

výstupní 77/82,89/90,123

R

Rayleighova podmínka 111

Retuš 29,41,50,58,63/4,68/9,70/1,101,106,112,132,139

korekční desky 101,108,139

objektivu 63/4,66,68/9,71,94,139

zrcadla 29,41,50,58,101,112,132,139

rouge francouzská 17,55,102

rozlišovací schopnost objektivu dalekohledu 117,125

Ř

Řezání skla 14

S

Schmidtova astronomická komora 97/106

sférická aberace 24/27,34,39,47/8,63,70,73,78/9,

97,99,101,107,111/2,114/5,123

sférometr 35,39,55,61,66/7,87,105

skeletový tubus 85,122

skleněný disk, kotouč, výroba z rovinné tabule 14,25,35,54

skleněná tabule, vyříznutí kotouče 14

sklenutí pole 47/8,97,99,102,115

sklo borosilikátové 121

flintové 63,72,76,80/1,90,108,113,115

korunové 58,63,76,80,90,108,112,115,118

meniskové 62,113

optické 62,75,114

planparalelní 15,38,99,100,103,104,107,113,119,124

rovinné 35

s nízkou tepelnou roztažností 35,58,83,121,128,132

špatně vychlazené 24,25,58,72

testovací, interferenční 38,57,66,70

zrcadlové 24/5,40,58,113,121

smírek 13

smírky plavené 13

stínový přístroj 20,27,28

stínový přístroj s nepohyblivým zdrojem světla 27

s pohyblivým zdrojem světla 27

stříbrná reflexní vrstva 38/9,42,50,57,113

stříbrná reflexní vrstva, stejnoměrnost 38

stůl k broušení 15

světelnost objektivu 3,11,14,25,28,34,42,46,49/51,59,64,

69,74,77/80,96,106,111/6,128,130/2,137,140,142

světelné ztráty 41/2,78,81,108,116,119

Š

Šablony k hrubé kontrole křivosti plochy 14,16,66

šliry atmosférické 124

ve skle 62

T

Tloušťka zrcadlových disků 14,23,24/5,29,40,54.64/6,83

korekčních desek 103,106,131

menisku 111/5

tubus 85,42/45,50,84,86 88/90,94,98,108,

111/3,118,119,121/2,124,131,138/9,140,142

V

Vady zobrazení / viz aberace

vignetace obrazového pole 43,46,89,100,108

Z

Zkreslení pole poduškovité, soudkovité 47,52,78/9

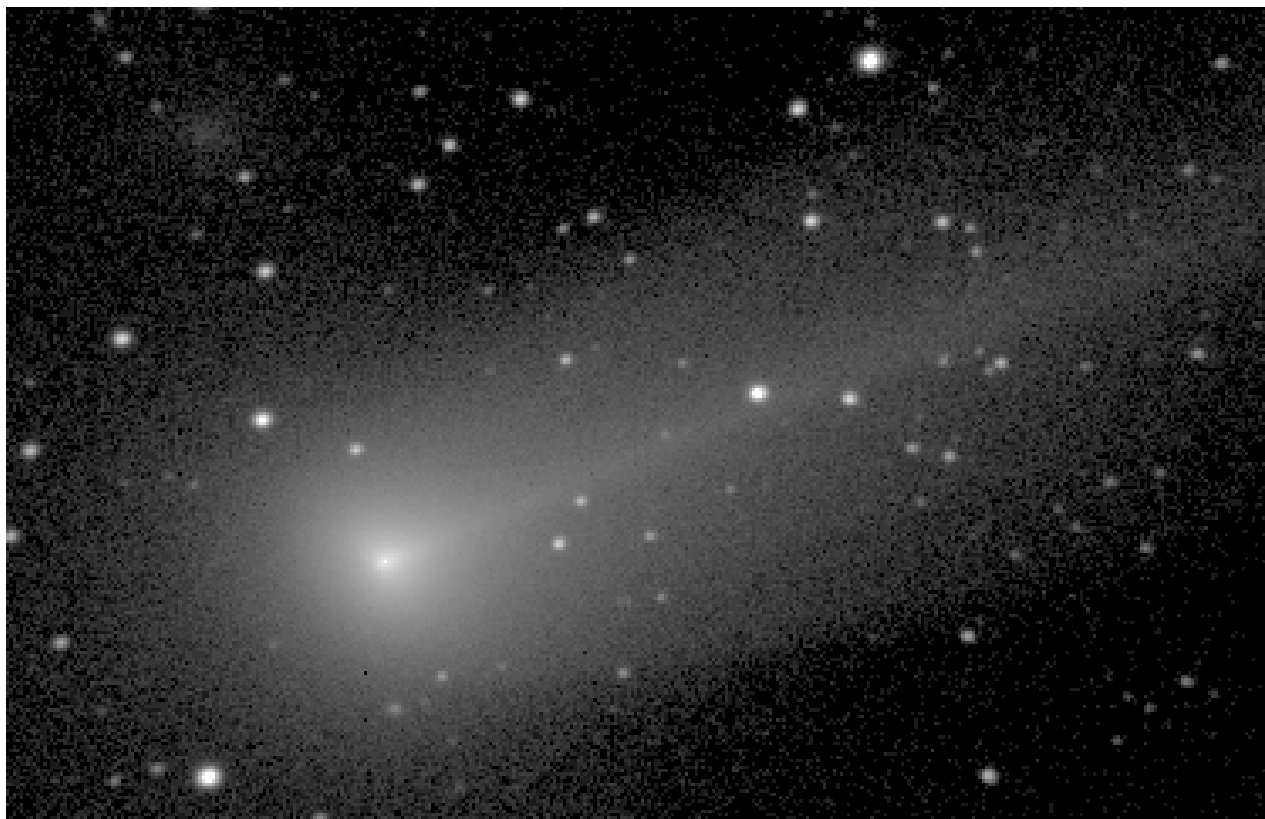
zleštění okraje zrcadla 19,22/3,34,56/7

zrcadlo rovinné 15,25,35/42,48/50,57/8,66/68,77,84,112,129,
132



Pracovní siesta pana Františka Kozelského, spojená s hledáním nejvhodnější cesty jak dál s výrobou i skladbou rozpracovaného rozměrného refraktoru v citelně omezeném prostoru jeho starobělské minidílničky.

Ukázky CCD snímků 65ticentimetrového reflektoru MFF UK(prvé ondřejovské 65tky prof.Ing.Gajduška)

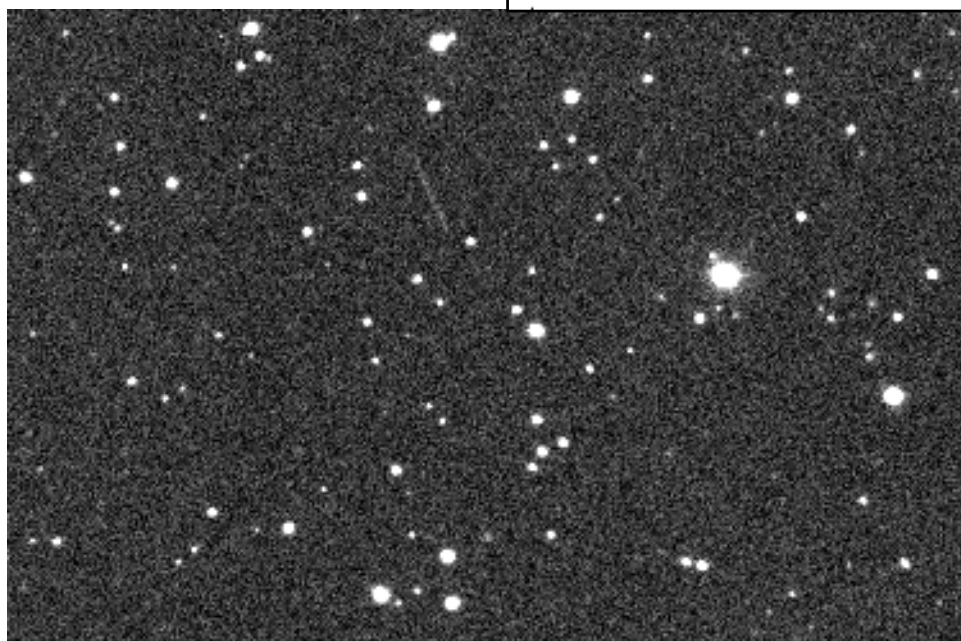
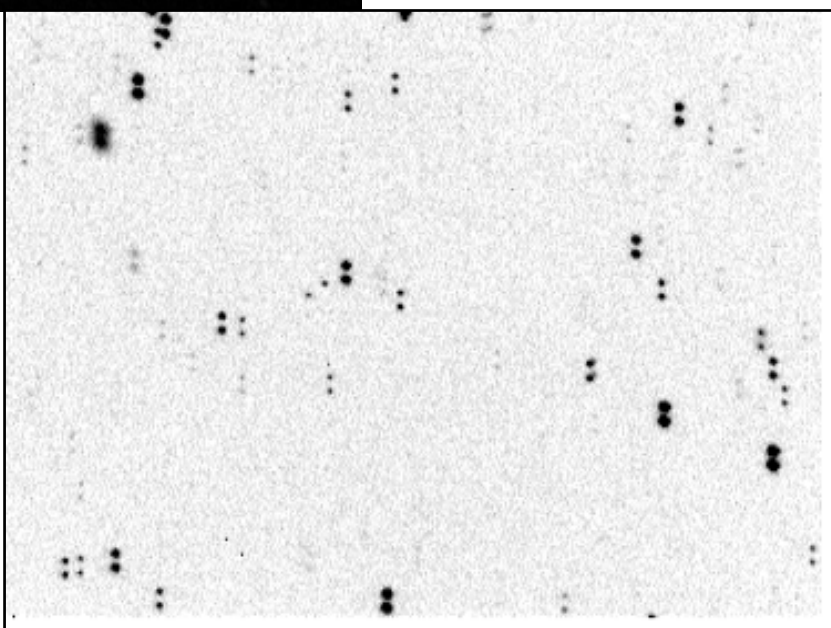


Snímek komety P/Machholz, spolu s oddělivší se od ní kondenzací (u levého horního rohu), pořízený Dr. P. Pravcem CCD kamerou SBIG-6 v primárním ohnisku 65tky MFF UK v Ondřejově dne 4. 9. 1994 v 1:44UT expozicí 60sec bez filtru, po počítačovém zpracování, zaměřeném na viditelnost jader obou objektů.



Komponovaný snímek devíti dvouminutových expozic asteroidu Geographos, provedených stejným přístrojem dne 3. 9. 1994 přes červený filtr po úhrnnou expoziční dobu 35 minut. Tím se nabízí zřetelná časová změna jasnosti u pozorovaného objektu.

Dvojexpozice planety 1993 MO typu Amor 18. magnitudy za blíže neudaného časového odstupu, brané R-filtrem tamtéž. Objekt na snímku (v jedné třetině od levého okraje a mírně nad středovou horizontálou) zjevně narušuje předem zadaný posuv pole hvězd.



Slabý objekt o velké zdánlivé úhlové rychlosti kolem $10^\circ/\text{hod}$, zachycený 65tkou MFF UK desetivteřinovou expozicí 4. 2. 1996. na observatoři Ondřejov. Dává naději, že tak zdánlivě velice rychlý asteroid je v blízkosti Země, tedy Near Earth Asteroid (NEA).

Obsah.

Přede vším dalším. (Prolog.)	3
(Pra)Úvodní poznámka	5
Úvod II (František Kozelský)	11
Úvod I (prof. Ing. Vilém Gajdušek)	11
Kapitola I. Základy astrooptické technologie	(prof. Ing. Vilém Gajdušek) ↓ 13
I.1 Materiál k broušení a leštění, jeho úprava	13
I.2 Zhotovení malého kulového zrcadla	14
I.3 Hrubý a jemný výbrus zrcadla	15
I.4 Proces leštění	17
I.5 Foucaultova stínová zkouška	20
I.6 Korekce zrcadla	23
I.7 Materiál ke zhotovení větších zrcadel	24
I.8 Zhotovení parabolického zrcadla	25
I.9 Zkouška parabolického zrcadla ve středu křivosti	27
I.10 Parabolizace dlouhými tahy	30
I.11 Parabolizace přepisem	30
I.12 Parabolizace přepisem k leštiči, menšímu než je zrcadlo	32
I.13 Parabolizace menším leštičem	33
I.14 Univerzální metoda parabolizace pomocí leštičů postupně zmenšujících se průměrů	34
I.15 Zhotovení přesného rovinného zrcadla	35
I.16 Zkoušení rovinného zrcadla pomocí zrcadla kulového	38
I.17 Užití přesného rovinného zrcadla	39
I.18 Autokolimační zkoušení	41
I.19 Volit Newtonův, či Cassegrainův reflektor?	42
I.20 Blíže k Newtonovu reflektoru	43
I.21 Blíže ke Cassegrainovu reflektoru	44
I.22 Objektiv Cassegrainova dalekohledu, jeho různé druhy	44
I.23 Souvislost tvarů zrcadel u Cassegrainova systému	46
I.24 Mimoosové vady zrcadel	47
I.25 Klasický Cassegrainův reflektor s hlavním zrcadlem parabolickým a se sekundárním zrcadlem hyperbolickým	48
I.26 Cassegrainův objektiv s hlavním zrcadlem elipsoidickým a se sekundárním zrcadlem kulovým	48
I.27 Cassegrainův reflektor s hlavním zrcadlem kulovým	50
Kapitola II. Astronomická zrcadla velkých průměrů	53
II. 1 Moje zkušenosti s broušením zrcadel velkých průměrů	53
II. 2 Leštění zrcadel velkých průměrů	55
II. 3 Foucaultova zkouška velkých zrcadel	57
Kapitola III. Výroba achromatických objektivů pro astronomické amatérské dalekohledy	61
III. 1 Uvedení do problematiky čočkových dalekohledů	61
III. 2 Optické sklo	62
III. 3 Výpočet achromatického objektivu	63
III. 4 Výpočet poloměrů křivosti achromatického objektivu	64
III. 5 Broušení čoček achromatického objektivu	64
III. 6 Měření poloměru křivosti optických ploch	66
III. 7 Leštění achromatického objektivu	68
III. 8 Zkoušení objektivu v autokolimaci a jeho retuš	68
III. 9 Achromatické aplanatické čočkové objektivy	74
III.10 Achromázie astronomických objektivů	75
III.11 Výpočet indexu lomu čáry B (s $\lambda = 686,7$ nm), případně pro $(B+C)/2$ (s $\lambda = 671,5$ nm)	75
Kapitola IV. Co je nezbytné vědět o okulárech	77

IV. 1 O astronomických okulárech všeobecně	77
IV. 2 Huygensův okulár	78
IV. 3 Ramsdenův okulár	79
IV. 4 Achromatické okuláry	79
a) Kellnerův okulár	79
b) Symetrický okulár	80
c) Orthoskopický okulár	80
d) Monocentrický okulár	80
e) Zeissův orthoskopický okulár	81
IV. 5 Bližší poznámky k problematice astronomických okulárů	81
Kapitola V. Základy konstrukcí jednotlivých částí montáží pro dalekohled	(F. Kozelský) ↓ 83
V.1 Objímka pro hlavní zrcadlo	83
V.2 Objímka pro odrazné zrcátko Newtonova reflektoru	84
V.3 Objímka pro sekundární zrcadlo Cassegrainova systému	85
V.4 Tubus zrcadlového dalekohledu	85
V.5 Objímka pro hlavní zrcadlo Cassegrainova systému	86
V.6 Okulárový výtah	86
V.7 Centrování zrcadel Newtonova dalekohledu	86
V.8 Centrování zrcadel Cassegrainova reflektoru	87
V.9 Clony k odstranění parazitního denního světla do okuláru	89
V.10 Objímka pro achromatický čočkový objektiv až do průměru 150 milimetrů	90
V.11 Objímka pro čočkový objektiv nad 150 milimetrů	91
V.12 Čištění čoček objektivu a jejich vkládání do objímky	91
V.13 Montáže astronomických dalekohledů	94
	(prof. Ing. Vilém Gajdušek) ↓
Kapitola VI. O modifikaci Schmidty komory a o optických systémech jí příbuzných	96
VI.1 Všeobecné poznámky	97
VI.2 Schmidtova astronomická komora	99
VI.3 Schmidtova komora s pomocnou čočkou a s rovným obrazovým polem	102
VI.4 Praktické sestavení Schmidty komory korekční desky	103
VI.5 Retuš korekční desky broušením	106
VI.6 Leštění asférické korekční desky	106
VI.7 Wrightova komora	107
VI.8 Schmidt - Cassegrainovy optické systémy	107
VI.9 Schmidt - Bakerovy komory s rovným obrazovým polem	108
VI.10 Justování Schmidt - Bakerovy komory	110
VI.11 Maksutovův meniskový optický systém	111
VI.12 Systémy s kulovým zrcadlem a dvěma menisky	115
VI.13 Systémy s menisky a korekční deskou	115
VI.14 Shrnutí přínosu Schmidtových komor astronomii.	116
Kapitola VII: Otázky dodatečného zajištění kvality obrazu	117
VII. 1 Ohybové jevy v dalekohledu	117
VII. 2 Zmírnění následků ohybu světla v objektivu efektem apodizace a jeho vliv na kvalitu obrazu	118
VII. 3 Vliv vzdušného neklidu na jakost obrazu v dalekohledu	120
Příloha 1: Vlastní stručný životopis prof. Ing. Viléma Gajduška	126
Příloha 2: Stručný životopis Františka Kozelského, vztažený ke spolupráci s prof. Ing. Vilémem Gajduškem	134
Příloha 3: Vzpomínka na Mistra Františka Kozelského	139
Tečka za tím vším. (Epilog).	144
Literatura	146
Rejstřík	147
Ukázky CCD snímků 65cmetrovým reflektorem MFF (prvé ondřejovské 65tky prof. Ing. Gajduška)	149
Obsah	151

Vysvětlení: K zpřístupnění 2.revize Gajduškovy a Kozelského knihy na Internetu dne 30. června 2006 mne vedl zájem několika jedinců mít tento materiál k dispozici ke studiu co nejdříve. A to přesto, že jsem tušil existenci ještě mnoha různých nedostatků textu. Jejich nalezení a plné odstranění si vyžaduje nějaký čas. Věřil jsem, že plně uspokojivý stav jejího textu i grafiky je v dohledu a že dosavadní nedostatky nebudou vážného zájemce příliš rušit. Tento okamžik nastal snad k dnešnímu dni, tj. k 18. červenci 2006.

Doporučení: Nestačí-li Vám stažený pdf-formát knihy k na Internetu nezávislému zobrazování na obrazovce Vašeho počítače SW-balíkem Adobe Reader a máte-li knihu vytištěnou, ať již oboustranně či jednostranně, a svázanu flexibilní hřebenovou vazbou a stojíte-li o její aktualizovanou vizi doporučuji Vám před užitím dále navrhované strategie záměny vytištěných aktualizovaných stran, jde-li u Vás o pracovní exemplář knihy, rozsah změn na níže uvedených stranách prohlédnutím posoudit. Některé aktualizace jsou totiž velmi drobného rozsahu a u nich se Vám může ukázat jako dostatečná oprava rukou. Nejde-li o takový případ, pak vytiskněte z aktualizované revize 2 k 18.7.2006, s ohledem na jedno či dvoustránkový tisk, níže uvedené stránky (případně i s jejich neaktualizovanou sousední stranou listu), perforujte a zaměňte s původní stranou hřebenové vazby již zastaralého výpisu knihy.

Upgrade výpisu 2.revize z 30.6.06 na stav 2.revize pro den 18.7.06: dosáhnete její záměnou se toutéž stranou výpisu předchozí verze 2. revize po sobě:

nutně: 1, 2, 3, 4, 6, 15, 21, 16, 37, 38, 41, 46, 51, 53, 54, 56, 67, 73, 74, 76, 77, 80, 85, 87, 88, 91, 94, 96, 98, 100, 101, 104, 108, 111, 112, 113, 114, 117, 120, 126, 131, 132, 133, 134, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 150 (faktické opravy obsahu, nově, či nedorazy) raději: 11, 12, 42, 43, 45, 72 (špatná umístění na řádce)

detailně: 5, 8, 44, 122, 125, 128, 129, 130, 135 (opravy prakticky nevýznamné, např. spojníky příjmení).

Poznámka: Počítal jsem s mou průběžnou novelizační službou po zpřístupnění této knihy, a to vždy krátce pro objevení nedorazů v aktuálním výtisku (formou upgrade ve stylu as všem dobře známých novelizačních služeb dokumentace formou zahrnutelných změn, např. Technical Newsletters fy IBM před lety atp., tentokrát již na bázi elektronické distribuce aktuálního úplného listinku (release) k uvedenému datu, tj. zde konkrétně k 18. červenci (červenec) 2006. Problém s dlouhým řetězcem „měsíce aktualizace“ v záhlaví každé strany oprávněně naznačuje, že novelizaci knihy poskytnu maximálně jednou v kalendářním měsíci občanského roku. To, že k aktualizacímu posunu knihy došlo je snadno zjištělné ze 7.řádku titulní strany knihy, nyní např. z tvaru (2.revize k 18.7.2006) spolu s následujícím pokynovým upřesňujícím řádkem. Je v zájmu konkrétního zájemce, aby tuto okolnost příležitostně na internetové adrese

http://zeus.asu.cas.cz/astrooptika/Gajdusek_Kozelsky.pdf

sledoval ve vlastním zájmu až do doby, než se faktický stav knihy usadí na snesitelné úrovni chybovosti, snad neodstranitelné zcela.

Pro případ hřebenové nepermanentní vazby Vaší knihy, umožňující dodatečnou a exemplář nedestruující záměnu listů, může být totiž pro vážného zájemce nevhodně opakovaně nově vytisknout celý novelizovaný výstup 2. revize k danému datu, proto na jeho poslední straně současně s ním uvolňuji i novelizační seznam a informační blok. Tento seznam uvádí obsahově či grafickou úpravou změněné strany s různým stupněm závažnosti oproti předchozí novelizaci. Jej předcházejí a následují pak bližší vysvětlení k prosté záměně stran či listů výpisu předchozího výpisu, jejich novými stranami či listy s aktuálním obsahem ke dni nové aktualizace (release). V tom případě bude ale v záhlavích u nezaměněných stran špatný údaj měsíce vylepšení, např. nyní tam zůstane údaj červen2006 oproti korektnímu červenec2006. Je to dobře, neboť transkripce některých odstavců vylepšené 2.revize probíhá v Adobe Acrobatu s jistou mírou těsnosti k ideálu, takže se může vykazat disproporcí obrazů některých odstavců i přes korektně přesné dodržení jejich textu, jež by mohlo po zjištění toho vést uživatele ke zmatečnému znervoznění v případech, kdy jde o převzetí doslovného znění, že totiž „oprava by mohla být, při takovém svém rozhození v rámci odstavce strany, nejspíše dozajista ujetá“. K oné obavě však není racionální důvod, neboť topologii obsahů a rozsahů jednotlivých stran principiálně dodržuji. Nemusí proto vznikat přídavná obava z duplicity některých malých pasáží stran na vzájemně stranách sousedních, dodatečně spojené snad i s rizikem případných vynechávek malých pasáží textu na počátku strany bezprostředně následné (problémy překryvu atp.).

Je pochopitelné, že výpis celého aktualizovaného výstupu je záležitostí sice prostší, ale za daných okolností je na zájemci, zda má zájem být šetrný k svému papíru i tiskárně, tedy k sobě, či nikoli.

Pokud naleznete překlepy, nejasnosti i zjevné chyby výkladu atp., uvítám (a předem děkuji za) jejich kolegiální sdělení e-mailem na adresu <polasek@asu.cas.cz>. S díky za pochopení – C. Polášek

Poznámka k změnám stavu knihy z 18.7.2006 na stav k 25.7.2006:

vzhledem k odstavcovým změnám v podčárníku na str. 131 došlo k přesunům i v následujících podčárnicích na stranách 132 a 133, přitom změna vynechání řádku před koncem podčárníku na str.132 narušila číslování odstavců podčárníku str.133 stvrzené jejich překvapivým kolapsem k číslům 0. Navíc, revize složky s kopii autobiografie Profesora Gajduška, související s předchozí změnou odst. 3 na str.3, vedla k precizaci jak těžce čitelného údaje, tak i Gajduškových osobních dat.

Vyměnit stránky 2, 126, 130 a 133 z release 18.7. shodně číslovanými, ale pozměněnými z release k 25.7.2006.

Poznámka k změnám stavu knihy z 25.7.2006 na stav k 1.8.2006:

Změnové strany: 16, 30, 32, 33, 35, 39, 40, 45, 46, 51, 57, 63, 64, 77, 88, 89, 103, 104, 113, 116, 117, 120, 122, 123, 124, 140, 145, 152

Legenda: pro zjednodušení posouzení závažnosti změn na příslušní stránce má sloužit mnemonické podtržení, znamenající:

nn - znak, čárka, částice, nn. - slovo, nn - přesuny či přenosy skupin slov, nn - podčárník, nn - nadpis odstavce (paragrafu)